



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

TESIS

**EVALUACIÓN DEL PERFIL SENSORIAL Y
NUTRICIONAL DE UN PAN ELABORADO CON
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO
(*Triticum aestivum*) POR ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot
esculenta*)**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

Autor (es):

Bach. Gálvez Rodas Julio Bremel
(<https://orcid.org/0000-0003-3393-147x>)

Bach. Ortiz Dávila Ronaldo
(<https://orcid.org/0000-0001-7159-8634>)

Asesor (a):

Dra. León Marrou María Elena
(<https://orcid.org/0000-0002-5083-296X>)

Línea de Investigación:

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y la
industria en un contexto de sostenibilidad**

Sublínea de Investigación:

**Gestión y sostenibilidad en las dinámicas empresariales de industrias y
organizaciones**

Pimentel – Perú

2023

**EVALUACIÓN DEL PERFIL SENSORIAL Y NUTRICIONAL DE UN PAN
ELABORADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum
aestivum*) POR ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*)**

Aprobación del jurado

Dr. RODRÍGUEZ LAFITTE ERNESTO DANTE)
Presidente del Jurado de Tesis

Mg. AURORA VIGO EDWARD FLORENCIO
Secretario del Jurado de Tesis

Ing. SÍMPALO LÓPEZ WALTER BERNARDO
Vocal del Jurado de Tesis



Universidad
Señor de Sipán



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DEL PERFIL SENSORIAL Y NUTRICIONAL DE UN PAN ELABORADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*)

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Gálvez Rodas Julio Bremel	DNI: 44749208	
Ortiz Dávila Ronaldo	DNI: 75549087	

Pimentel, 19 de Setiembre de 2023

Dedicatoria

Dedico mi tesis en primer lugar a Dios por guiarme en mi camino. A mis padres y familiares que con su apoyo me permitieron llegar alcanzar el objetivo de culminar satisfactoriamente mis estudios.

Gálvez Rodas Julio Bremel

Dedico este logro a mis padres, por siempre motivarme a salir adelante con estudio y trabajo, así como dándome grandes ejemplos de vida. A mi familia en general, porque siempre me dieron palabras de ánimo para ser una mejor persona y profesional.

Ortiz Dávila Ronaldo

Agradecimiento

Mi especial reconocimiento a todas las personas que con su apoyo han hecho posible la culminación del presente proyecto de investigación.

A la universidad Señor de Sipán, por permitirme la formación profesional.

A mis docentes, a nuestra asesora Dra. María Elena León Marrou, por brindarnos sus conocimientos y ayuda en la realización del presente proyecto de investigación.

Gálvez Rodas Julio Bremel

Agradezco a la universidad Señor de Sipán, asesora y docentes por saber guiarme en mi camino de ser un profesional. Con sus enseñanzas y consejos me fue posible aprender.

A mis compañeros, por compartir este camino del aprendizaje y han estado conmigo en los momentos buenos y difíciles tanto en las áreas académicas, como personales.

Ortiz Dávila Ronaldo

Índice de Contenido

Aprobación del jurado	2
Dedicatoria	4
Agradecimiento.....	5
Índice de Contenido.....	6
Índice de Tablas	8
Índice de Figuras	9
Resumen	10
Abstract	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Antecedentes de estudio.....	13
1.2.1. Ámbito internacional	13
1.2.2. Ámbito nacional.....	16
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	18
1.3.1. La Yuca	18
1.3.2. El almidón de yuca	23
1.3.3. Harina de trigo.....	32
1.3.4. La levadura.....	39
1.3.5. El pan	41
1.3.6. Análisis sensorial de los alimentos	45
1.3.7. Evaluación nutricional.....	50
1.4. Formulación del problema.....	51
1.5. Justificación e importancia del estudio	51
1.6. Objetivos.....	52
II. MATERIAL Y MÉTODO	53
2.1. Tipo y diseño de investigación	53

2.1.1.	Tipo de investigación	53
2.1.2.	Diseño de investigación.....	53
2.2.	Población y muestra	53
2.3.	Variables, Operacionalización.....	56
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	58
2.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	58
2.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	58
2.5.	Procedimientos	59
2.5.1.	Obtención de almidón de yuca	59
2.5.2.	Propiedades funcionales del almidón	61
2.5.3.	Preparación del pan	63
2.5.4.	Evaluación del mejor perfil sensorial de los panes con sustitución de harina de trigo por almidón de yuca	65
2.5.5.	Evaluación nutricional del pan con la mejor formulación de sustitución de harina de trigo por almidón de yuca.....	66
2.6.	Procedimientos de análisis de datos	67
2.7.	Criterios éticos	67
2.8.	Criterios de rigor científico	69
III.	RESULTADOS.....	70
IV.	DISCUSIÓN	81
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1.	Conclusiones	88
5.2.	Recomendaciones	88
	BIBLIOGRAFÍA.....	90
	ANEXOS.....	99

Índice de Tablas

Tabla 1. Producción de yuca en la región Lambayeque los últimos 11 años.....	22
Tabla 2. <i>Clases de harina de trigo y sus potenciales usos</i>	34
Tabla 3. <i>Contenido nutricional de la harina blanca de trigo.</i>	36
Tabla 4. <i>Tipo y cantidad de jueces sensoriales según el tipo de prueba</i>	46
Tabla 5. <i>Dosificación del pan</i>	54
Tabla 6. <i>Formulación de pan con sustitución parcial de almidón de yuca</i>	54
Tabla 7. <i>Operacionalización de variables</i>	56
Tabla 8. <i>Resultados de la composición proximal del almidón nativo de yuca</i>	70
Tabla 9. <i>Propiedades funcionales del almidón de yuca</i>	71
Tabla 10. <i>Resultados del atributo sensorial: Color</i>	71
Tabla 11. <i>ANOVA para el atributo Color</i>	72
Tabla 12. <i>Prueba TUKEY para el atributo: Color</i>	73
Tabla 13. <i>Resultados del atributo sensorial: Sabor</i>	74
Tabla 14. <i>ANOVA para el atributo Sabor</i>	75
Tabla 15. <i>Pr Prueba TUKEY para el atributo: Sabor</i>	75
Tabla 16. <i>Resultados del atributo sensorial: Textura</i>	76
Tabla 17. <i>ANOVA para el atributo Textura</i>	77
Tabla 18. <i>Prueba TUKEY para el atributo: Textura</i>	77
Tabla 19. <i>Resultados del valor nutricional del pan que presentó el testigo (100% de harina de trigo) y el tratamiento con mejor perfil sensorial (20% de almidón de yuca)</i>	79

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Ratio de producción de yuca en Lambayeque los últimos 11 años.....</i>	23
Figura 2. <i>Diagrama de la estructura de algunos aminoácidos comunes en el trigo, mostrando la unión con enlaces peptídicos</i>	38
Figura 3. <i>Diagrama para la elaboración de pan.....</i>	43
Figura 4. <i>Flujograma para la obtención del almidón de yuca nativo.....</i>	60
Figura 5. <i>Flujograma de procesamiento de pan de trigo con sustitución parcial de almidón de yuca</i>	63

Resumen

A nivel mundial, se hace necesario el desarrollo de alimentos saludables a un menor costo, por ello la harina de yuca se muestra como un potencial sustituyente parcial a la harina de trigo en la elaboración de productos alimenticios. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el perfil sensorial y nutricional de un pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo por almidón de yuca. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque experimental, identificando que la composición proximal del almidón de yuca es de 2,31% de proteína, grasa 0.05%, fibra 0.0%, ceniza 0.44%, humedad 13.94% y energía 3219.15 kcal/kg. Se elaboraron los panes con sustituciones de 10% (T1), 20% (T2) y 30% (T3) de almidón de yuca, evaluando el perfil sensorial con 15 panelistas semientrenados, identificando que el mejor tratamiento fue el T2 con color poco claro (7.4), sabor agradable (7.87) y textura blanda (7.67). Se analizó el valor nutricional del T2 reportándose un aumento con respecto al T0 de energía en 16.34%, carbohidratos 27.22%, grasa 12.42% y proteínas 2.20%, pero disminuyendo la humedad en 32.20%, cenizas 39.31% y fibra cruda en 93.88%. Se concluyó que el almidón de yuca permite producir un pan con mejor perfil sensorial y nutricional que el elaborado con harina de trigo, pero no debe ser consumido en exceso.

Palabras Clave: *Almidón de yuca, harina de trigo, composición proximal, perfil sensorial, evaluación nutricional.*

Abstract

Worldwide, it is necessary to develop healthy foods at a lower cost, for this reason cassava flour is shown as a potential partial substitute for wheat flour in the preparation of food products. The objective of this study is to evaluate the sensory and nutritional profile of a bread made with partial replacement of wheat flour by cassava starch. The research was of an applied type, with an experimental approach, identifying that the proximal composition of cassava starch is 2.31% protein, 0.05% fat, 0.0% fiber, 0.44% ash, 13.94% humidity and 3219.15 kcal/kg energy. The panels were made with substitutions of 10% (T1), 20% (T2) and 30% (T3) of cassava starch, evaluating the sensory profile with 15 semi-trained panelists, identifying that the best treatment was T2 with unclear color (7.4), pleasant flavor (7.87) and soft texture (7.67). The nutritional value of T2 was analyzed, reporting an increase with respect to T0 in energy by 16.34%, carbohydrates 27.22%, fat 12.42% and protein 2.20%, but decreasing moisture by 32.20%, ash 39.31% and crude fiber by 93.88%. It was concluded that cassava starch allows producing a bread with a better sensory and nutritional profile than the one made with wheat flour, but it should not be consumed in excess.

Keywords: *Cassava starch, wheat flour, proximal composition, sensory profile, nutritional evaluation.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

La harina derivada del trigo es usada para conseguir un pan leudado de calidad debido a sus fracciones proteicas únicas como la glutenina y la gliadina, las cuales son las responsables de la masa viscoelástica única que es adecuada para los productos horneados [1]. Sin embargo, los problemas de salud relacionados con el consumo de gluten (celíacos) y el elevado coste de la importación de trigo, han hecho necesaria la búsqueda de insumos alternativos para la producción de pan con levadura [2]. Cabe resaltar que en el Perú el 1.2% de la población es celiaca [3].

La industria de la producción de harina de trigo en el Perú, durante los últimos años ha tenido un crecimiento sostenido del 4%, lo que generó también que la panificación presente un incremento del 15% [4]. No es de extrañar como durante el primer trimestre del 2020, se importó 726.686 Tn de esta harina con un valor CIF de US\$ 176.072.807 [5]. Sin embargo, con el aumento de los precios del trigo en el mercado mundial, se ha presentado un interés por promover la utilización de fuentes locales de harina derivados de otros productos, con el fin de reducir la dependencia de las importaciones del trigo y también para aumentar los medios de subsistencia de los agricultores locales [6].

El reporte del Instituto Nacional de Salud [7] afirma que el Perú es el cuarto país con mayor consumo per cápita de harina de trigo, con 63 Kg/persona, pero en el país no hay una buena producción de este cereal, por lo que se necesita importar grandes cantidades de este producto para cubrir la creciente demanda

interna. Esto ocasiona que, solo el Perú represente el 1% de la importación de harina de trigo a nivel mundial [4].

La yuca (*Manihot esculenta* crantz) es uno de los cultivos más importantes en zonas tropicales del mundo. Sus raíces amiláceas son una importante fuente de calorías, proporcionando alimento energético a más de 1.000 millones de personas en todo el mundo [6]. Asimismo, la harina de yuca de alta calidad es una alternativa más barata que el trigo en la producción de alimentos [8] y su procesamiento reduce los niveles de cianuro de hidrógeno [9]. Sin embargo, las raíces de la yuca son voluminosas y muy perecederas, por lo que es necesario transformarlas en formas más duraderas como la harina [10] y el almidón de yuca tiene una composición de almidón superior (750 g/kg - 90 g/kg de base seca), capacidad de espesamiento, capacidad de absorción de agua y un inicio de gelatinización inferior al de la harina de trigo [2].

En la región Lambayeque la producción de yuca durante el 2020 fue de 7865.00 Tn y considerando el porcentaje promedio nacional de merma en la producción agraria es de 2%, se calcula que la cantidad de merma generada en la producción de yuca sería de 157.3 Tn de yuca por año [11]. Por tanto, se observa la oportunidad de aprovechar esta merma como insumo para reemplazar la harina de trigo en la elaboración de panes obteniendo mejores propiedades.

1.2. Antecedentes de estudio.

1.2.1. Ámbito internacional

Sigüenza-Andrés et. al [12], desarrollaron un estudio con el objetivo de determinar si la harina de yuca mejora la calidad de panes sin gluten. Se evaluó el resultado de la adición de formas de yuca: harina, almidón

nativo y agrio, en la calidad del pan, sustituyendo 10% y 20% de la mezcla de harina de arroz y almidón de maíz. Se observó que el patrón fue mejorado por la adición de 10% en su Volumen de Hinchamiento de 2.43 a 2.74 mL/g y en el Índice de absorción de agua de 7.99 a 8.37 g/g para la adición de 20%. La incorporación de un 10% mejoró la calidad del pan al aumentar su volumen específico de 5.10 a 5.77 cm³/g; pero disminuyó cuando se añadió un 20%. La textura, el sabor y diferencias sensoriales se evaluaron por 5 expertos, encontrando que los panes con almidón de yuca eran más blandos después de 7 días de almacenamiento que el patrón, mientras que sus migas eran más cohesivas y menos secas en boca. Además, los panes con adición tenían un sabor marcado y pronunciado -entre agrio y salado-, relacionado con la mayor acidez de los almidones. Por tanto, se concluye que los almidones de yuca y, en menor medida, las harinas de yuca pueden contribuir a mejorar la calidad de los panes sin gluten en la adición de 10%, pero el 20% no puede compararse porque todos los parámetros están influenciados por el volumen específico.

Susilowati et al. [9] desarrollaron un estudio para evaluar la adición de harina de yuca con fortificantes naturales de ácido fólico en galletas infantiles. La harina de yuca fue añadida en concentraciones de 0, 0.3, 0.6, 1.2 y 2.4% con ácido fólico fortificante A y B. Los resultados arrojaron que el punto óptimo se alcanzó a una concentración de 0.3% y se obtuvieron galletas A y B con contenido de ácido fólico de 212.23 y 438.74 g/mL, proteína disuelta 27.41 y 28.88 mg/mL, azúcares totales de 358.20 y 322.72 mg/mL, azúcares reductores de 35,10 y 39,78 mg/mL, sólidos

totales de 94,82% y 92,43%, respectivamente. Asimismo, se determinó que las formulaciones de galletas A y B aumentaron el contenido de ácido fólico en un 80,05% y 199,55% en comparación con la contraparte sin adición. La galleta B mostró mayor dureza (16,94 N) en comparación con la galleta A (8,44 N), aunque los sólidos totales de la galleta A (94,82%) fueron más altos en comparación con los sólidos totales de la galleta B (92,88%), esto posiblemente se debió a la naturaleza del fortificante B. Se concluye que la adición de la harina de yuca modificada es efectiva para recuperar ácido fólico en las galletas por lo que se recomienda su uso.

Andrade et al. [13], realizaron un estudio para determinar la calidad química y microbiológica de las galletas y el pan mediante la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de yuca. Se aplicó un estudio completamente aleatorio con 4 tratamientos y 9 repeticiones. La calidad de la harina de yuca se controló por la humedad 10.1%, cenizas 2.3%, proteínas 0.6%, lípidos 0.3%, pH 5.9, actividad del agua 0.4%, acidez 0.3% y carbohidratos 86.5%. Se observó que el pan con harina de yuca tuvo mayor contenido de carbohidratos en comparación con la formulación control, pasando de 16.6% hasta 86.4% para la sustitución de 30%, esto debido a que la harina de yuca es un excelente productor de hidratos de carbono en comparación con otros cereales. La humedad aumentó de 16.9% a 24.1% para el pan de 20%, así como los lípidos de 4% a 9.8%, pero las proteínas disminuyeron de 8.1% a 5.1%. Como conclusión se obtuvo que la formulación de galletas y panes con reducción de harina de trigo y adición de harina de yuca tiene potencial para mejorar el nivel nutricional y el valor comercial de estos productos.

Asimismo, Chisenga et. al., [14], realizó un estudio para determinar la calidad del pan sustituyendo el trigo por variedades de yuca. Se utilizó el método de la masa recta con los métodos estándar de la AOAC y la AACC. Los resultados muestran que la yuca tiene menor humedad, pasando de 13% a 11% en promedio, las proteínas pasan de 11% a 1.6% y los lípidos de 1,7% a 0.4%. En los panes, hay una ligera tendencia a aumentar en humedad de 13% a 14% según se aumenta la sustitución de yuca por trigo, la capacidad de absorción de agua tiende a disminuir de 62% a 61%, al igual que el gluten de 13% hasta 6.9%; sin embargo, algunas propiedades empeoran significativamente a mayor porcentaje de sustitución, siendo que el tiempo de desarrollo de la masa aumenta de 2.1 min hasta 9.4 min para el 30%, pero en 10% es de máximo 2.2%, así como la consistencia decae en un 8.79%. Esto también ocurre con el volumen que cae de 150 hasta 93 cm³ en 30%, pero en 10% es de 122 cm³ en promedio y la densidad de 2.5 hasta 1.5 cm³/g, pero en 10% es 2 cm³/g. Se concluye que el trigo puede ser sustituido por harina de yuca en la elaboración del pan hasta un nivel del 10%, sin afectar negativamente a la calidad del pan; sin embargo, la inclusión de la yuca condujo a la pérdida de peso del pan, por lo que, es necesario seguir trabajando para explorar el uso de niveles más altos de yuca en el pan compuesto.

1.2.2. Ámbito nacional

A nivel nacional estudios como los de Aponte y Collachagua [15] buscaron determinar los efectos de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de yuca en 3 concentraciones 5%, 10% y 15%, además de agregar material graso. El estudio se desarrolló en una planta de galletas

semi industrial, arrojando como resultado que el tratamiento T3 (10% harina de yuca) era recomendable con valores de humedad de 3.7%, cenizas 1.31%, proteínas 6.81%, grasa 15.68%, fibra 1.69%. A nivel sensorial, 15 jueces semi entrenados indicaron que dicho tratamiento mostró un buen perfil, en escala del 1 al 7, con valores de color de 5.5 puntos, aroma 5.33, textura 5.6, sabor 5.60 y apariencia general 5.93, resaltando el crocante de la galleta y un buen contenido de fibra. Por tanto, concluye que la galleta ofrecida es un buen producto para el mercado.

Santillan y López [16] buscaron estudiar la sustitución de la harina de trigo por harina de yuca (12%, 15% y 18%) en la producción de pan, el cual permitiría aportar una opción de uso para la industrialización de la yuca y la generación de productos con valores agregados, para ello el estudio tomó bases teóricas científicas para un mejor entendimiento de los procesos de la materia prima en la panificación y su posterior análisis sensorial. Los resultados obtenidos arrojaron que la harina de yuca tiene valores fisicoquímicos de: Humedad 8.21%, ceniza 1.38%, proteína 7.3%, fibra 1.12%, además el nivel de sustitución de 12% mostró las mejores características físicas químicas tales como, humedad 22,40%, cenizas 2,10%, carbohidratos 62,15%, grasa 1,03%, y fibra 1,40%, así como también, 15 jueces semi entrenados coincidieron que dicho tratamiento tiene los mejores valores en la evaluación sensorial del 1 al 5, con un 4.27 para color, 4.13 para sabor, 4.20 textura y 4.27 aceptabilidad, lo que lo convierte en el nivel idóneo para la sustitución de la harina de trigo en la elaboración de pan.

Del mismo modo, Mariñas [17] en su estudio buscó utilizar el masato (yuca cocida fermentada) como sucedáneo de la harina de trigo para la elaboración de bizcochos, para esto se elaboró el masato con características de humedad de 45.59 g, grasa 0.10 g, proteína 0.21 g, cenizas 1.91 g, azúcares reductores libres 11.06 g, fibra 1.09 g; carbohidratos totales 28.73 g, densidad 1.027 gr/cm³. Los resultados arrojaron que el mejor tratamiento fue 400 g de harina de trigo y 100 g de masato, con contenido acuoso 34.64, extracto etéreo 18.19, proteína 8.81, cenizas 2.60, azúcares reductores libres 10.72, fibra 0.092, carbohidratos totales 35.71. Estos tratamientos tienen el mejor peso promedio de hasta 49.13 g, comparado a los 48.9 g de menor porcentaje de sustitución. Además, en una escala del 1 al 9, 13 panelistas indicaron que los panes con mayor contenido de masato, mayor tiempo de horneado y calor, tienen mejor color: hasta 7.615, mejor aroma de hasta 7.538 y mejor sabor de hasta 7.538. Por tanto, se concluye que se puede elaborar un bizcocho a base de masato con buenos resultados físico químicos y sensoriales.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. La Yuca

1.3.1.1. Origen

Según la FAO [18], refiere que la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) tiene su origen en América Latina, cultivada por la población indígena durante al menos 4000 años. Tras el descubrimiento de la yuca en América, los comerciantes europeos la llevaron a África como un cultivo y alimento útil. Actualmente Nigeria es el mayor productor de yuca en el mundo.

1.3.1.2. Características generales

La yuca es un arbusto leñoso perenne con una raíz comestible, que hoy en día se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales del mundo y sirve de fuente de alimentos energéticos e ingresos para más de mil millones de personas [19].

La yuca se caracteriza por ser uno de los cultivos más tolerantes a la sequía y capaces de crecer en suelos marginales. El cultivo rara vez se realiza como monocultivo debido a su hábito de crecimiento fisiológico y duración, lo que hace que destaque en la mayoría de los sistemas de cultivo intercalado [20].

Requiere suelos bien drenados, de ligeros a medios, con un pH del suelo entre 4,5 y 7,5. Se adapta bien a los suelos ácidos con altos niveles de aluminio intercambiable (Al), bajos niveles de fósforo (P) disponible y niveles relativamente altos de potasio (K). La yuca responde bien a la fertilización con P y K [19].

En términos de crecimiento fisiológico, la yuca es una planta de día corto, por lo que la tuberización suele estar bajo influencia fotoperiódica, de modo que cuando la duración del día es superior a 10-12 horas, la formación de raíz se ve muy afectada y los rendimientos son siempre bajos. Sin embargo, el valor de la relación de peso de los brotes es mayor. Por el contrario, cuando el cultivo se expone a longitudes de día cortas, el rendimiento de los tubérculos de raíz es mayor [12].

Las raíces de la yuca se pueden cosechar entre 6 meses y 3 años después de la plantación. La raíz es muy versátil, sus

derivados y almidón son utilizados eficazmente en una serie de productos como alimentos, confitería, edulcorantes, papel pegamentos, textiles, madera contrachapada, productos biodegradables, glutamato monosódico y productos farmacéuticos [19].

La mejora de los cultivos asociados a la yuca se centra en desarrollar genotipos que puedan relacionar eficazmente el producto final con su industrialización. El impacto del estudio sobre su desarrollo va desde la biotecnología, la genética y la selección de la producción, la adición a la cadena de valor y su utilización, por lo que las variedades de yuca mejoradas de alta calidad son resistentes a las enfermedades y a las plagas, con bajo contenido de cianuro, resistentes a la sequía, alto rendimiento y contenido de almidón y de materia seca [21].

1.3.1.3. Contenido Nutricional

La yuca produce 10 veces más carbohidratos que la mayoría de los cereales por unidad de superficie, y son ideales para la producción en zonas marginales y propensas a la sequía [19]. Estudios realizados a la yuca, han demostrado que esta raíz contiene 25 mg de vitamina C, 40 mg de fósforo y 50 mg de calcio por 100 g de material vegetal [22].

La concentración de proteínas, riboflavina tiamina y niacina en la yuca es muy baja en comparación con otros tubérculos [23], mientras que sus carbohidratos oscilan entre el 64 al 72% de almidón (amilosa y amilopectina). Este almidón es estructuralmente

diferente del que se encuentra en el cereal; en su distribución de la longitud de la cadena de ramificación, el contenido de amilosa y su estructura granular. Aproximadamente el 17% de sacarosa también se encuentra en la yuca, predominantemente en las variedades dulces, y también se han registrado cantidades limitadas de fructosa y fructosa y dextrosa [24].

El contenido de proteínas oscila entre el 1 y 2%, con bajos perfiles de aminoácidos esenciales, especialmente metionina, triptófano y lisina. Además, la yuca posee un alto contenido de fibra dietética (3,40-3,78% soluble, y 4,92-5,6% insoluble) [25].

Cabe resaltar que, su composición de nutrientes difiere según la variedad y la edad del cultivo cosechado, así como de las condiciones del suelo, el clima y otros factores ambientales en los que se desarrolla el cultivo. Además, en términos de calorías alimentarias producidas por hectárea y día, la yuca aporta calorías que son mucho más de 250.000, cal-1 hectárea-1 día-1 en relación con el arroz y el maíz con 176.000 y 200.000, cal-1 hectárea-1 día-1, respectivamente [19].

1.3.1.4. Usos

El sistema de productos básicos de la yuca tiene cuatro componentes principales: producción, transformación, comercialización y consumo. Su vinculación es la clave del éxito del desarrollo de los productos de yuca [10].

Las raíces de yuca frescas suelen pelarse, rallarse y lavarse con agua para extraer el almidón y ser utilizadas para hacer panes, galletas, pasta y perlas de tapioca, mientras que las raíces sin pelar pueden rallarse y secarse para ser alimento de animales. Además, las hojas de yuca pueden utilizarse para enriquecer el nivel de contenido proteico en los piensos. En el ámbito industrial, la yuca puede emplearse en la fabricación de papel, textiles, adhesivos, jarabe de alta fructosa y alcohol [19].

A nivel internacional, la yuca ofrece diferentes opciones de uso, lo que le otorga un potencial para ser aprovechada por sus cualidades tanto nutricionales como farmacéuticas, en se sentido, su aprovechamiento se da tanto como yuca pelada troceada como también congelada, esta última le otorga una vida de anaquel más larga (10-15 días a 5 °C) [26].

Tabla 1.

Producción de yuca en la región Lambayeque los últimos 11 años

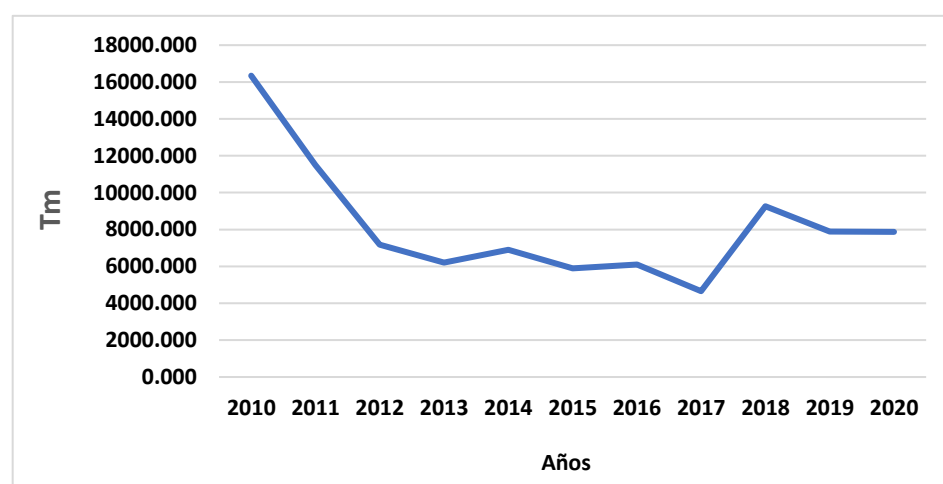
Año	Producción Tn
2010	16345.000
2011	11499.000
2012	7182.000
2013	6200.000
2014	6900.000
2015	5900.000
2016	6100.000

2017	4656.000
2018	9266.000
2019	7891.000
2020	7865.000

Fuente: SIEA - MINAGRI [5].

Figura 1.

Ratio de producción de yuca en Lambayeque los últimos 11 años



Fuente: SIEA – MINAGRI [11].

1.3.2. El almidón de yuca

Las raíces maduras de yuca tienen una composición promedio de 60 - 70% de agua, 30 - 35% de carbohidratos, 1 - 2% de grasa, 1 - 2% de fibra y 1 - 2% de proteína, con trazas de vitaminas y minerales. Las raíces maduras pueden variar en contenido de almidón desde un mínimo del 15% hasta un máximo del 3%, según el clima y el momento de la cosecha. El contenido de almidón alcanza un máximo al final de la temporada de lluvias. Las raíces menos maduras tendrán menor contenido de almidón y más agua, mientras que las raíces demasiado maduras tendrán un menor

contenido de almidón recuperable y tendrán una textura leñosa, lo que dificultará el procesamiento del almidón [10].

1.3.2.1. Especificaciones generales

El almidón de yuca, presenta cualidades específicas que la hacen diferente al almidón de papa y de maíz [27], siendo las siguientes:

- Contenido de humedad (13% como máximo).
- Contenido de almidón (85% como mínimo).
- Ceniza (0.2% como máximo).
- pH entre 5.0 a 7.0.
- Blancura /según escala de Kett (90 como mínimo).
- Viscosidad según la unidad de viscosidad Brabender, mínimo al 6% de peso seco (600).
- Concentración de dióxido de azufre (30 ppm como máximo).
- Contenido de cianuro (nulo).
- Apariencia (Blanco, sin motas, fresco olor).

El almidón de tapioca es único por su nivel bajo de materiales residuales (cenizas, grasa, proteína), así como menor contenido de amilosa a comparación de otros almidones que contienen elevados pesos moleculares de amilosa y amilopectina. La pequeña cantidad de fósforo en el almidón de tapioca se puede eliminar parcialmente y, por lo tanto, no se une como el éster de fosfato como en el almidón de patata. También es común encontrar valores de proteínas y lípidos de cero, el contenido muy bajo de proteínas y

lípidos es un factor importante que diferencia el almidón de tapioca de los almidones de cereales [28].

Normalmente, el almidón de yuca contiene entre un 17 y un 20% de amilosa. A diferencia del maíz (0 - 70% de contenido de amilosa) y el arroz (0 - 40% de contenido de amilosa), no se ha encontrado una variación significativa del contenido de amilosa en el almidón de yuca. Al igual que otros almidones, las moléculas de amilosa del almidón de yuca no están completamente desramificadas como lo indica su límite de beta-amilólisis, un valor más bajo que el de los almidones de maíz, papa, arroz y trigo [21].

1.3.2.2. Gelatinización y retrogradación del almidón

La estructura de amilopectina del almidón de yuca demuestra la distribución de longitud de la cadena en la amilopectina fraccionada del almidón de yuca. Cada fracción puede clasificarse en términos de la longitud de su cadena (grado de polimerización, DP) y posición en las moléculas de amilopectina. La amilopectina de la yuca consiste principalmente en cadenas cortas en la Fracción III, que son cadenas A y B1. También se ha observado una pequeña porción de cadenas extralargas (Fracción I, menos del 1% en peso) en la amilopectina de yuca. La variación en las distribuciones de longitud de cadena de amilopectina fraccionada de diferentes cultivares de yuca parece estar menos afectada por la genética. El examen microscópico de los gránulos de almidón de tapioca revela gránulos esféricos lisos de 4 a 35 μm de diámetro con uno o más truncamientos esféricos [29].

Cuando se calienta en exceso de agua, el almidón de yuca sufre una transición estructural irreversible. Como resultado, los gránulos de almidón pierden birrefringencia y cristalinidad. Luego, los gránulos se hinchan y absorben más agua, lo que provoca cambios en las propiedades reológicas de la mezcla de almidón y agua. Estos fenómenos se conocen como gelatinización y pegado del almidón. Hay más resistencia a la gelatinización en el almidón de yuca de lo que cabría esperar en base a su contenido de amilosa (en comparación con el del almidón de patata). Es probable que esta pequeña inconsistencia se deba a una organización más estrecha del gránulo de tapioca.

Ratnawati et al., [24] estudiaron la gelatinización del almidón de yuca usando un Visco Amylograph de Brabender. El agua penetró hasta el centro del gránulo desde el extremo truncado. A 50 ° C, muy por debajo de la temperatura de gelatinización del almidón, se produce una rotura en el centro del gránulo. A medida que la temperatura aumenta más, el gránulo aumenta de diámetro hasta que, en el punto de viscosidad máxima, se rompen las capas externas del gránulo. El calentamiento continuo más allá de la aparición de la viscosidad máxima da como resultado una absorción continua de agua, con algo del almidón dispersándose en la solución y algunos fragmentos granulares hinchados que quedan. El enfriamiento de una pasta de almidón de yuca recién preparada produce un aumento de la viscosidad, cierta pérdida de claridad (pero las pastas son aún más claras que las de los

almidones de cereales, excepto la amilopectina total, es decir, almidones cerosos) y un cuerpo cohesivo. Una pasta de almidón de yuca puede formar lentamente un gel débil.

Estos cambios se deben a la reasociación de moléculas de amilosa en el sistema acuoso. Si bien la propiedad de gelificación (también llamada retroceso o retrogradación) es común en todos los almidones nativos que contienen amilosa, es menos notable en el almidón de yuca debido a un contenido de amilosa más bajo y amilosa de mayor peso molecular que se encuentra en otros almidones. Con un 17% de amilosa, tiene suficiente funcionalidad para que, mediante la modificación, sea posible mejorar la gelificación y/o suprimir la cohesión [27].

1.3.2.3. Funcionalidad del almidón

El almidón de yuca ha sido durante mucho tiempo el almidón de elección en los alimentos para bebés por sus propiedades físicas de textura y estabilidad, así como por su bajo aporte de sabor. El almidón utilizado puede modificarse para sobrevivir a los rigores del procesamiento y mejorar las propiedades físicas del producto final. Por otro lado, los almidones que contienen amilosa adquieren algunas de las características físicas de los almidones cuando se calientan bajo ciertas condiciones con sales y humedad, inyecciones de vapor como fuente de calor y humedad permite obtener un almidón de yuca para alimentos para bebés que tiene las propiedades mejoradas del almidón de yuca modificado, pero sin modificarlo. Los autores opinan que, en el impulso hacia

modificaciones físicas que coincidan con las propiedades de las modificaciones químicas, el almidón de yuca tendrá una ventaja en cuanto a sabor, peso molecular y residuos sin almidón sobre los almidones de cereales [21].

1.3.2.4. Tipos de almidón

- **Almidón nativo**

Almidones obtenidos a partir de fuentes ricas en carbohidratos (granos, raíces, tubérculos), el cual al ser obtenido conserva su estructura nativa del almidón, siendo una de ellas la baja solubilidad en disolventes orgánicos comunes, la cual limita su proceso en la industria alimentaria [28].

Los gránulos de almidón nativo tienen una cristalinidad que oscila de 15% a 45%, por lo que, los gránulos de almidón nativo, en su mayoría, muestran una cruz de Malta cuando se observan bajo luz polarizada. Por tanto, se cree que el estado de hélice única es el estado predominante de las cadenas de amilosa dentro de los gránulos de almidón nativo. Los ésteres de fosfato de monoalmidón en almidones nativos, como la patata y el arroz, se encuentran principalmente en las moléculas de amilopectina. El complejo almidón-lípido en el gránulo de almidón nativo es amorfo (tipo 1) y puede recocerse en una forma semicristalina (presumiblemente laminar) [24].

- **Almidón modificado**

Los almidones son inherentemente inadecuados para la mayoría de las aplicaciones y, por lo tanto, deben modificarse química y / o físicamente para mejorar sus atributos positivos y / o minimizar sus defectos. Los derivados del almidón se utilizan en productos alimenticios como espesantes, agentes gelificantes y agentes encapsulantes, en la fabricación de papel como aditivos húmedos para resistencia en seco, tamaños de superficie y aglutinantes de recubrimientos, como adhesivos (corrugado, etiquetado de bolsas, botellas, laminado, cigarrillos, sobres, enrollado de tubos y pastas para papel tapiz), para encolado por urdimbre de tejidos y encolado de fibras de vidrio [10].

Los almidones modificados también se utilizan en formulaciones cosméticas y de comprimidos. Se incorpora algo de almidón a los plásticos para mejorar la fragmentación y degradación ambiental. Almidón termoplástico y almidón: los compuestos poliméricos pueden reemplazar a los plásticos a base de petróleo en algunas aplicaciones. Las aplicaciones más nuevas incluyen el uso de almidón no digerible como nutracéuticos. El futuro del almidón puede incluir un papel en los detergentes [24].

- **Almidón oxidado**

Se ha conseguido un mejor control al desarrollar los procesos de oxidación catalizada para carbohidratos, con rápidas velocidades de reacción y mejor selectividad. En caso se usen cantidades menores de peróxido de hidrógeno con 50 ppm de permanganato de potasio, se logra un sistema de degradación del almidón suave y reproducible. La oxidación se desarrolla en una suspensión acuosa de almidón a pH 11,4 - 12,0 a temperatura ambiente o ligeramente elevada. Los momentos de reacción son mucho más cortos que los que cuentan con peróxido de hidrógeno no catalizado. Se pueden realizar adiciones sucesivas de peróxido de hidrógeno para lograr cantidades específicas de degradación [27].

Los almidones convertidos, también llamados almidones de ebullición fina, se producen por degradación de las cadenas de almidón en pequeños segmentos. Se pueden cocinar en agua en concentraciones más altas que los almidones nativos. Los almidones de baja viscosidad son necesarios en aplicaciones donde se requiere una pasta de almidón de alto contenido en sólidos con una viscosidad bombeable y viable [27].

Hay cuatro clases de almidones convertidos comerciales: dextrinas (hidrólisis en estado sólido); almidones modificados con ácido (hidrólisis en una suspensión); almidones oxidados; y almidones despolimerizados enzimáticamente [14].

Los almidones oxidados se obtienen por reacción con hipoclorito de sodio o un peróxido. Los almidones oxidados son inherentemente aniónicos, pero sin acción espesante. Están disponibles en una amplia gama de especificaciones de viscosidad y se utilizan ampliamente como agentes de encolado de superficies o aglutinantes de revestimiento de bajo costo. El almidón oxidado se utiliza en la industria del papel (encolado de superficies, revestimiento) y en la industria textil (acabado de tejidos, encolado por urdimbre).

En los últimos años, el uso de almidones oxidados ha disminuido debido a sus propiedades dispersantes, lo que afectará la retención de pigmentos y elevará el contenido de TTS (sólidos suspendidos totales) de las descargas de las fábricas de papel [23].

1.3.2.5. Aplicaciones del almidón de yuca

La mayor diversidad de usos del almidón de yuca se encuentra en la industria alimentaria. Como ingrediente en

alimentos, el almidón de yuca nativo y modificado se ha utilizado ampliamente. Otras aplicaciones alimentarias generalmente han hecho uso del almidón de tapioca como espesante y estabilizador, con especial énfasis en su falta de contribución de sabor a los sistemas alimentarios, lo que permite una detección completa e inmediata del sabor del alimento en sí [22].

1.3.3. Harina de trigo

1.3.3.1. Características generales

La Harina es un polvo fino obtenido de la molienda de un cereal o leguminosa seca. Se produce harina de diversos cereales, aunque la más común es la harina de trigo material prima habitual en la panificación, también se pueden hacer harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz, entre otros; existen también otros tipos de harinas obtenidas de otros alimentos como leguminosas, castaña, yuca, etc [30].

La molienda es un proceso que consta de 2 etapas bien identificadas, la de ruptura y la de reducción, se realiza de manera gradual, obteniendo en cada fase una parte de harina y otras partículas de tamaño grande. Entre las fases el producto es cribado, para posteriormente ser purificado [30]. Las características de cada etapa son:

Trituración: El grano de trigo limpio y acondicionado pasa por el primer juego de rodillos.

Cribado: Proceso en el que se separa el producto en las 3 fracciones principales mencionadas: salvado, sémola y germen.

Purificación: aquí se desecha el salvado y se clasifican las sémolas por grosor a través de purificadores y tamices.

Reducción: Aquí se muelen las sémolas y semolinas purificadas convertidas en harina, reduciéndolas hasta una finura de harina, también se eliminan las partículas de germen y salvado que hayan quedado utilizando un cernido. Este paso se realiza repetidamente hasta eliminar la mayor parte de la semolina extraíble.

1.3.3.2. Molinos de harina de trigo en el Perú

A nivel nacional existen registrados 21 Molinos productores de harina de trigo, hasta 2017, ubicados en regiones como Arequipa, Huánuco, La Libertad, Lima, Piura, Tacna y el Callao [7].

1.3.3.3. Legislación para tipos de harina de trigo en el Perú

Según la NTP, en el Perú se tienen identificados los siguientes tipos de harina de trigo [7].

- a. Harina de trigo extra: La NTP 205.064: 2015 indica que es aquella que contiene porcentaje de cenizas en el rango de 0.76% a 1.17% (en base seca +/- 5%). Su porcentaje de humedad máximo es del 15%, mientras que el máximo de acidez es 0.15%. Es de color blanco.

- b. Harina de trigo especial: La NTP 205.064: 2015 señala que es aquella cuyo porcentaje de cenizas máxima es de 0.75 (en base seca +/- 5%). Su porcentaje máximo de humedad es de 15%, mientras que la acidez máxima es de 0.10%. Se caracteriza también por ser de color blanco cremoso”.

1.3.3.4. Aplicaciones de la harina de trigo

El trigo se consume en todo el mundo y con él se elaboran una gran variedad de productos. No todos los tipos de trigo son adecuados para todos los productos. Los trigos HRW, HW y HRS se utilizan generalmente en productos relacionados con la panificación. Esto se debe en gran parte a la capacidad de las masas elaboradas con estos tipos de harina de trigo para retener los gases de fermentación y producir estructuras y texturas similares a las del pan [31].

Tabla 2.

Clases de harina de trigo y sus potenciales usos

Clase	Características generales	Principales usos
Invierno rojo duro (HRW)	Alto contenido en proteínas, fuerte en gluten, alta absorción de agua	Pan y productos afines
Rojo suave de invierno (SRW)	Bajo nivel de proteínas, gluten débil, baja absorción de agua	Tortas, galletas, pasteles, tartas cortezas, bizcochos
Resorte rojo duro (HRS)	Muy alta en proteínas, fuerte gluten, alta absorción de agua	Pan, bagels, pretzels y productos afines

	Alto contenido en proteínas, gluten	
Blanco duro	fuerte, alta absorción de agua, salvado carece de pigmentos	Pan y productos afines
Blanco suave	Baja proteína, gluten débil, baja absorción de agua, salvado carece de pigmentos	Fideos, galletas, barquillos
Duro	Alto contenido en proteínas, fuerte en gluten, alta absorción de agua	Fideos

Fuente: Finnie y Atwell [31]

Para la obtención de la harina, el trigo es molido, reducido a partículas pequeñas que pueden convertirse en productos más apetecibles. Actualmente la molienda separa el salvado y germen del endospermo seguido de la disminución de las partículas del endospermo en harina. Una harina a la que se le ha quitado la mayor parte del salvado y del germen, lo que representa aproximadamente el 72% del grano (tasa de extracción del 72%), se denomina harina de grado puro [31].

1.3.3.5. Contenido Nutricional

Cuanto menos salvado y germen tenga una harina, menor será su contenido en minerales, de ahí que la prueba de las cenizas se usa para cuantificar la pureza de una muestra. La harina de alta extracción tiene un mayor contenido en cenizas que la harina de baja extracción. La harina blanca tiene bajos niveles de nutrientes y minerales. La harina es un ingrediente estable si se almacena adecuadamente, debe conservarse seco, con un contenido de

humedad del 14% o inferior. A mayor humedad, es susceptible a la aparición de moho. La harina es porosa por lo que es propensa a absorber compuestos químicos [31].

Tabla 3.

Contenido nutricional de la harina blanca de trigo.

Nutrientes	Harina blanca de trigo
Agua	14
Proteína (g/100 g)	11.54
Lípido (g/100 g)	1.6
Carbohidrato (g/100 g)	69.88
Fibra (g/100 g)	2.31
Calcio (mg/100 g)	14.45
Hierro (mg/100 g)	0.87
Magnesio (mg/100 g)	24.09
Fósforo (mg/100 g)	93.46
Potasio (mg/100 g)	1.93
Sodio (mg/100 g)	0.82
Zinc (mg/100 g)	0.08
Tiamina (mg/100 g)	0.06
Riboflavina (mg/100 g)	0.06
Niacina (mg/100 g)	0.96
B-6 (mg/100 g)	0.04
Folate (mg/100 g)	31.79
Vitamina A (mg/100 g)	1.93

Vitamina E (mg/100 g)	0.39
Vitamina K (mg/100 g)	0.29

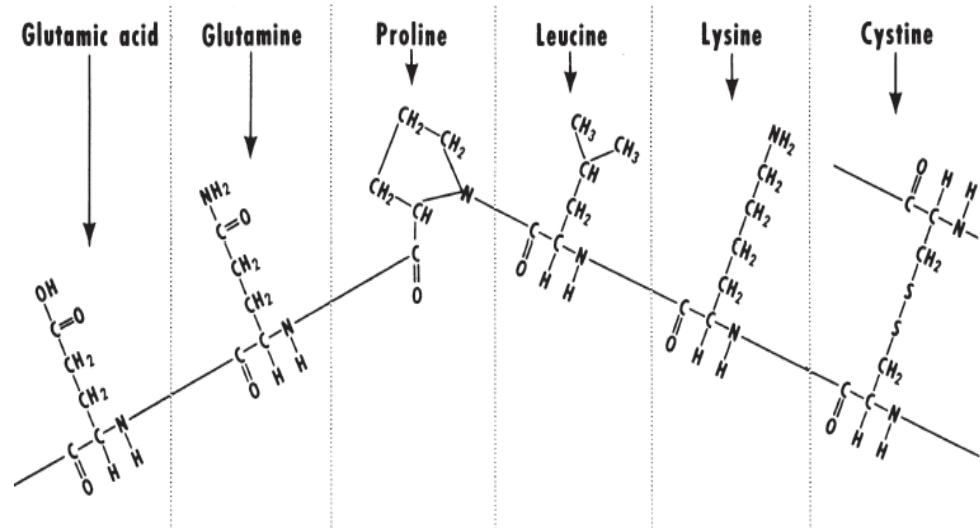
Fuente: Finnie y Atwell [31]

Las altas temperaturas (es decir, >55°C [>130°F]) durante períodos prolongados, pueden afectar negativamente la funcionalidad de las proteínas del gluten en la harina, por lo que mantener una buena harina a temperaturas elevadas provocará, con el tiempo, una reducción del volumen de los panes o pasteles horneados con el [31].

La proteína suele constituir el 7-15% de la harina común sobre una base de humedad del 14%. Un medio común para clasificar las diferentes proteínas del trigo y otros cereales fue ideado por Thomas Osborne a principios del siglo XX. El sistema de clasificación de Osborne está basado en la solubilidad. Las proteínas solubles en agua, como muchas de las enzimas (es decir, los catalizadores biológicos) del trigo, se denominan albúminas. Estas constituyen aproximadamente el 15% de las proteínas de la harina. Muchas otras enzimas son globulinas, proteínas que son solubles en soluciones salinas. Las globulinas son relativamente poco importantes, ya que sólo representan un 3% del total de las proteínas [31].

Figura 2.

Diagrama de la estructura de algunos aminoácidos comunes en el trigo, mostrando la unión con enlaces peptídicos



Fuente: Finnie y Atwell [31]

1.3.3.6. El Gluten

Un componente altamente funcional de la harina es el complejo de proteínas que, tras mezclarse con el agua, forman el gluten. El gluten no existe en forma libre ni en el grano ni en la harina. La composición y la posterior funcionalidad del gluten varían entre las clases de trigo. En general, hay una relación lineal entre la cantidad de proteína de gluten y el volumen del pan [31].

La funcionalidad del gluten está relacionada en gran medida con las propiedades físicas de sus componentes, la glutenina y la gliadina. Cuando está hidratada, la gliadina es viscosa y puede estirarse hasta formar una hebra fina o hacer que fluya fácilmente con la gravedad. Esta propiedad se denomina extensibilidad. Sin embargo, la glutenina hidratada es muy elástica; hay una

resistencia considerable cuando se estira una masa de glutenina. Si no se deja suficiente tiempo para que se relaje, vuelve a su forma original [31].

1.3.4. La levadura

1.3.4.1. Descripción general

Como grupo de microorganismos, las levaduras tienen un impacto significativo en la producción de bebidas y alimentos. La comprensión tecnológica y científica de sus roles en esta producción comenzó a surgir a mediados del siglo XIX, comenzando con los estudios pioneros de Hansen en Dinamarca y Pasteur en Francia sobre la microbiología de las fermentaciones de cerveza y vino. Desde entonces, la comunidad científica se ha embarcado en un viaje de descubrimiento y desarrollo: sobre la gran diversidad de alimentos y bebidas que son producidos o afectados por la actividad de la levadura, sobre la diversidad de especies de levadura asociadas con estas actividades, y sobre la diversidad de mecanismos bioquímicos, fisiológicos y moleculares que sustentan las múltiples funciones de las levaduras en la producción de alimentos y bebidas [32].

1.3.4.2. Aplicación

Hay dos enfoques diferentes para describir y comprender el papel de las levaduras en la producción de alimentos y bebidas. Un enfoque es centrarse en el producto y la tecnología de su procesamiento (por ejemplo, fermentación de vino, fermentación de productos de panadería), y otro enfoque consiste en centrarse en

las levaduras, en sí mismas y en su biología en el contexto de los hábitats de alimentos y bebidas. Durante los últimos 25 años, ha habido grandes avances en la comprensión de la biología básica de las levaduras y sus respuestas celulares y moleculares a las influencias ambientales [32].

El efecto de las levaduras en la producción de bebidas y alimentos tiene un alcance mayor al de las nociones tradicionales de fermentaciones de pan, cerveza y vino de *Saccharomyces cerevisiae*. Ahora sabemos que aportan a la fermentación de una variedad amplia de otros productos en los que, muchos otros tipos de levaduras pueden trabajar en conjunto con bacterias y hongos filamentosos. Con la creciente demanda de los consumidores de alimentos más naturales, existe un interés creciente en el uso de microorganismos, incluidas las levaduras, como nuevas fuentes de ingredientes y aditivos alimentarios [32].

Muchos ingredientes alimentarios y coadyuvantes de procesamiento valiosos se derivan ahora de las levaduras. Algunas levaduras exhiben una fuerte actividad antifúngica, lo que les permite ser explotadas como agentes novedosos en el biocontrol del deterioro de los alimentos [33].

La aplicación de levaduras y derivados sigue siendo un área de rápido crecimiento. El enfoque reciente en mejorar la salud humana a través de la captura de un mayor valor de los productos de levadura ha llevado a un aumento en el reconocimiento del potencial nutracéutico de muchos de los productos actuales y ha

renovado el énfasis en la investigación que demuestra la eficacia de productos nuevos y existentes [32].

1.3.5. El pan

1.3.5.1. Historia

El pan, es un producto primitivo del trigo, se considera el bastón de la vida. Es consumido esencialmente por todos los segmentos de la población en todo el mundo. En muchos aspectos, el pan hecho con harina de trigo es un alimento completo con un buen equilibrio de hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. Sin embargo, en los últimos tiempos el trigo se ha visto implicado como causa de alergias, enfermedad celíaca y otros problemas de salud [31].

Hay pruebas de que el pan sin levadura existía hace 9.000 años. Más tarde (alrededor de 3.500 a.C.) los antiguos egipcios elaboraron el pan. Desde entonces, la herencia del pan, su importancia económica, política y religiosa ha persistido en todo el mundo. El pan ha cambiado en muchos aspectos desde la antigüedad, pasando de un pan granulado a una textura aireada. El pan es el producto de la fermentación y cocción de una mezcla de harina integral o refinada, de harina integral o refinada, agua, sal y levadura o polvo de hornear, como ingredientes básicos [32].

Además de los beneficios nutricionales intrínsecos del pan debido a su composición, el pan puede tener un papel importante como portador de nutrientes para garantizar el suministro y la

ingesta adecuada de nutrientes, así como de alimento saludable [32].

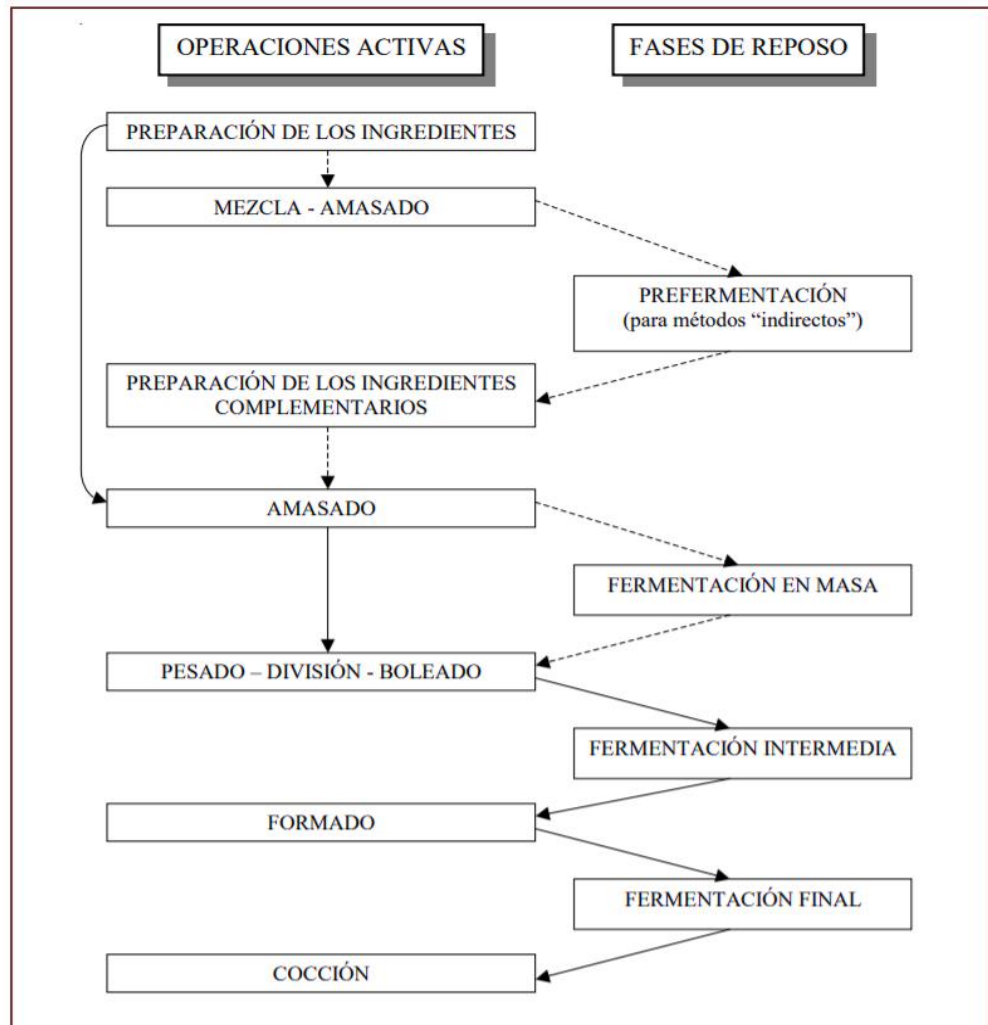
1.3.5.2. Elaboración

La base de la operación consiste en mezclar harina con otros ingredientes, por ejemplo, agua, grasa, sal y alguna fuente de aireación, seguida de la cocción. La práctica consistía en utilizar un poco de masa vieja, o levadura, para "iniciar" la nueva masa. Estas dos masas se mezclaban y se dejaban fermentar (subir) durante algunas horas antes de hornearlas. Hacían la asombrosa cantidad de 50 variedades de pan, pagaban los salarios con pan y pintaban escenas de panificación en sus tumbas. Desde entonces se han desarrollado diversos métodos para hacer la levadura [32].

La proporción de agua respecto a la harina es uno de los detalles más importantes al momento de producir el pan, ya que es la que más afecta a la textura y a la miga. Los trigos duros absorben aproximadamente un 62% de agua, mientras que los trigos más blandos absorben un promedio del 56%. Los panes de mesa, elaborados con este tipo de masa producen un pan de textura fina y ligero. En su mayoría, las fórmulas para producir pan artesanal contienen entre un 60% y un 75% de agua. En los panes donde se utiliza levadura, los porcentajes de agua más altos producen más burbujas de CO₂ y una miga más gruesa. Una libra (450 g) de levadura dará lugar a una barra de pan estándar o a dos panes franceses.

Figura 3.

Diagrama para la elaboración de pan



Fuente: Dudu et al. [2]

1.3.5.3. Tipos

En todo el mundo, el pan se encuentra en muchos tipos, formas y tamaños, incluyendo baguettes, bagels, tortillas, panecillos, galletas, popovers, panqueques, pretzels, pita, matzo, y muchos más. Puede haber cientos de variaciones de pan, pero los panes se dividen en tres tipos principales

- **Panes de levadura**

Dentro de este grupo encontramos el pan blanco. Los panes de levadura constituyen alrededor del 99% del pan que se hornea a nivel mundial. Otros panes como el usado para hamburguesas, bollos, otros panecillos, croissants, pastas danesas, muffins ingleses y crumpets (Inglaterra), Kugelhupf (Austria y Francia), brioche (bollos franceses), challah (pan trenzado judío), y panes como el de trigo integral, el de trigo partido, el de pumpernickel, el de centeno y el de avena arrollada son los ejemplos más representativos de panes de levadura.

- **Panes rápidos**

Los panes rápidos son panes que no requieren amasado ni fermentación. La mayoría de este tipo de pan contienen bicarbonato de sodio y/o levadura en polvo, otras formas de leudar de levadura o de hacer que suban. Se pueden hacer rápidamente y sólo requieren unos sencillos pasos. Dentro de los panes rápidos encontramos al pan de maíz o el pan de plátano, muffins, galletas, pasteles de café, bollos, panqueques y waffles.

- **Panes planos**

Los panes planos son muy comunes en muchas partes del mundo. La mayoría no tienen levadura. Se elaboran a partir de una masa batida o amasada. Son

fáciles de mezclar y rápidos de cocinar. Entre los panes planos se encuentran las tortillas (México), la matzah; los crepes y el pan de garbanzos crepados (Francia); las dosas, los chapatis y los parathas (India); tortitas de mandarina y pan de cebolleta (China); okonomiyaki (Japón); pan de pita y pan envolvente libanés (Oriente Medio); y diversas galletas de todo el mundo. El pan de pita y el pan envolvente libanés se elaboran con una masa con levadura y se dejan crecer antes de hornearlos.

1.3.6. Análisis sensorial de los alimentos

1.3.6.1. Definición

El análisis sensorial es, el método científico usada para apelar, evaluar, comparar y demostrar las reacciones sobre aquellos alimentos y sus características intrínsecas, que son distinguidas por los sentidos humanos (vista, olfato, tacto, oído y gusto) [34].

Asimismo, el análisis sensorial comprende un conjunto de técnicas para medir con precisión las respuestas y opiniones humanas al probar los alimentos sin conocer los ingredientes o la forma de preparación, por lo que minimiza los efectos potencialmente de la identidad de la marca y otras influencias informativas en la percepción del consumidor [35].

En ese sentido, la percepción sensorial de los alimentos se produce durante el procesamiento oral, que implica varias etapas,

como la masticación y la deglución [36]. La percepción sensorial en las diferentes etapas del consumo se verá muy afectada por los procesos que ocurren en la boca y por condiciones específicas, como los cambios de temperatura y las interacciones entre los alimentos y la saliva [37].

1.3.6.2. Clasificación

Tabla 4.

Tipo y cantidad de jueces sensoriales según el tipo de prueba

Tipo de Pruebas sensoriales	Métodos de evaluación	Tipo y cantidad de jueces
1. DISCRIMINATIVAS	- Comparación	- Son convocados por su
A. Diferencia:	pareada.	interés, habilidad para
Determina solo si las	- Dúo – Trio	discriminar diferencias y
muestras son	- Triángulo	resultados reproducibles.
diferentes	- Ordenación	- Agudeza sensorial
B. Sensibilidad: Mide	- Diferencia de	normal.
la habilidad de los	Clasificación	- Entrenados para
panelistas para	- Diferencia escalar	funcionar como un
detectar	de control	instrumento analítico
características		humano
sensoriales		

<p>1. DESCRIPTIVAS</p> <p>Medición de las características cualitativas y/o cuantitativamente</p>	<p>Clasificación por atributos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Escala de categorías -Escala de proporciones <p>Análisis descriptivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Perfil del sabor -Perfil de textura -Análisis descriptivo cuantitativo 	<ul style="list-style-type: none"> -Recalificación periódica. -El tamaño del panel depende de la variabilidad del producto y de la reproducibilidad de los jueces. -Se suelen usar 10 panelistas. -El número mínimo recomendado es 5, puesto que, con menos, la respuesta de un panelista influiría mucho en el resultado final
<p>2. AFECTIVAS</p> <p>Analizan la preferencia y/o aceptación y/u opinión de un producto</p>	<p>Preferencia pareada</p> <p>Calificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Escala hedónica (verbal o facial) -Escala de acción hacia el alimento 	<ul style="list-style-type: none"> -Consumidores potenciales. -No entrenados. -Grupo representativo de una población. -Clientes que consumen el producto a evaluar. - Mínimo 24 panelistas.

–Usualmente se
considera adecuado de
50 a 100 panelistas

Fuente: Peña et al. [38]

El campo de la evaluación sensorial creció rápidamente en la segunda mitad del siglo XX, junto con la expansión de los alimentos procesados y los productos de consumo [35].

Se han desarrollado numerosos métodos sensoriales para evaluar una amplia gama de productos alimentarios [36]. Estos métodos pueden dividirse básicamente en tres tipos principales:

- Métodos de aceptabilidad y preferencia,
- Métodos de discriminación y
- Métodos descriptivos.

Estos métodos requieren diferentes tipos y número de evaluadores sensoriales para proporcionar datos adecuados y se tenga un análisis con los métodos estadísticos inferenciales clásicos. El número exacto debe determinarse en función del objetivo del estudio y del número de muestras que se comparan.

Por otro lado, los métodos de discriminación o las pruebas de diferencias requieren el uso de evaluadores formados en la materia [34]. Pueden dividirse en pruebas de diferencia global y pruebas de diferencia de atributos. Estos dos tipos de métodos constan de numerosas pruebas que producen datos nominales, ordinales o de escala de intervalo según sea el caso. Las pruebas

del triángulo y del dúo son las pruebas de diferencias globales más conocidas que, al igual que la prueba de preferencia simple, producen datos nominales que pueden analizarse mediante la prueba binomial.

Con respecto a las pruebas descriptivas, permite definir y medir de forma objetiva las cualidades y/o propiedades de un alimento. La evaluación sensorial mediante pruebas descriptivas es más compleja que las discriminativas y afectivas, por lo que se requiere de jueces entrenados; ya que ellos establecen, dejando de lado sus preferencias, los descriptores que diferencian sensorialmente un producto de otro [38].

Un método descriptivo es simplemente una colección de numerosas pruebas de diferencia de atributos que utilizan una escala de categorías o líneas para calificar cada atributo. Sin embargo, los procedimientos experimentales para utilizar estos métodos, como el Análisis Descriptivo Cuantitativo o el Método Spectrum. Esencialmente, se produce una única puntuación de calificación para cada atributo sensorial de cada muestra de producto o alimento [34].

Para diseñar pruebas sensoriales eficaces y proporcionar una interpretación profunda de los resultados, un profesional sensorial debe comprender las propiedades funcionales de los sistemas sensoriales responsables de los datos.

1.3.7. Evaluación nutricional

Está dado por la cantidad de nutrientes que aportan al organismo cuando son consumidos. Estos nutrientes pueden ser lípidos, glúcidos, proteínas, vitaminas y minerales [39].

Carbohidratos: Son moléculas que tienen como función primordial dotar de energía al cuerpo humano, a través de la formación de glucosa [40].

Grasas: Son el segundo grupo de macro nutrientes formados exclusivamente por átomos de carbono C, hidrógeno H y oxígeno O (el otro grupo son los carbohidratos), las más comunes son los triglicéridos que son ésteres formados a partir del glicerol y ácidos carboxílicos de cadena larga denominados ácidos grasos [41].

Humedad: La determinación de humedad es una de las técnicas más importantes y de mayor uso en el procesado, control y conservación de los alimentos [42].

Proteínas: Son biomoléculas formadas básicamente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Las proteínas desempeñan un papel fundamental en los seres vivos y son las biomoléculas más versátiles y diversas [43].

Cenizas: El análisis de cenizas en productos alimenticios es un parámetro muy importante desde el análisis económico, así como en su calidad y en las características organolépticas y nutricionales.

Fibra cruda: El concepto actual de fibra cruda lo define como los componentes de la dieta de origen vegetal, que son resistentes a las

enzimas digestivas del hombre y químicamente estaría representado por la suma de los polisacáridos que no son almidones ni lignina [44].

Energía total: Es el combustible que el cuerpo humano necesita para vivir y ser productivo. Todos los procesos que se realizan en las células y los tejidos producen y requieren de la energía para llevarse a cabo [45].

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el perfil nutricional de un pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por almidón de yuca (*manihot esculenta*) ?

1.5. Justificación e importancia del estudio

Importancia social:

El estudio se justifica pues se ha demostrado que la adición de harina de yuca aumentar el valor nutricional de los productos [21], por lo que adicionarlo a un alimento tan consumido como el pan, aportaría beneficios para la salud y podría reducir el riesgo de enfermedad. Se debe considerar que el mercado de alimentos sin gluten ha mostrado un aumento significativo en los últimos años, relacionado a conceptos de productos que son beneficiosos para la salud y ayudan a perder peso [20], por lo que el almidón de yuca tiene una oportunidad como ingrediente potencial para la producción de panes y galletas, debido a sus características tecnológicas y nutricionales [46].

Importancia económica

Además, al presentar un sustituto de la harina de trigo, daría mayor poder de negociación al mercado para no depender de la importación de trigo, desarrollando el cultivo de yuca en regiones tropicales y subtropicales, proporcionando una fuente sostenible y económica de almidón. Esto debido a que la demanda nacional de harina de trigo no se puede cubrir, por lo que la utilización de productos alternativos sería una solución, que permitiría cubrir la demanda insatisfecha y reducir los costos de producción [4].

Importancia Ambiental:

Finalmente, la utilización de las mermas, resultantes de los procesos industriales, actualmente se muestran como una alternativa para la obtención de materia prima, la cual puede ser utilizada en la elaboración de alimentos, dándoles un valor agregado, dicha alternativa, permite reducir de manera considerable la emisión de residuos, trayendo consigo un menor impacto ambiental, fortaleciendo además, el desarrollo de procesos ecoamigables y sostenibles con el medio ambiente [47].

1.6. Objetivos.

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el perfil sensorial y nutricional de un pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por almidón de yuca (*Manihot esculenta*)

1.6.2. Objetivos específicos

- Identificar la composición proximal y las propiedades funcionales del almidón de yuca.

- Determinar el mejor perfil sensorial del pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo por almidón de yuca
- Analizar el valor nutricional de la mejor formulación de pan que reporta la mayor aceptabilidad sensorial.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada pues se buscó resolver un problema real con el conocimiento ya existente, enriqueciendo la base científica. En este caso se elaboraron panes con tratamientos de almidón de yuca aprovechando la merma de la cosecha con el fin de sustituir la harina de trigo que es más cara y menos saludable.

2.1.2. Diseño de investigación

El presente estudio tuvo un enfoque Experimental Puro, ya que las variables serán modificadas según las concentraciones de sustitución de almidón de yuca (10%, 20% y 30%) por la harina de trigo que serán utilizados en los panes de 15 gr.

Los panes elaborados con los diferentes tratamientos fueron sometidos a una prueba de análisis sensorial (Color, Sabor y Dureza) usando la escala de Likert y serán evaluados por 15 panelistas semientrenados, mayor a los 10 sugeridos para pruebas descriptivas. Cabe resaltar que se tendrá como testigo absoluto un pan elaborado comercialmente.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población son los panes de almidón de yuca producidos para el presente estudio, con porcentajes de 10%, 20% y 30% de almidón de yuca como se muestra en la tabla 5. De cada dosificación se elaboraron 45 panes diarios para 3 días de pruebas, por lo que se tiene un total de población de 135 panes.

Tabla 5.

Dosificación del pan

Pan	Dosificación
T1	10% de almidón de yuca y 90% de harina de trigo
T2	20% de almidón de yuca y 80% de harina de trigo
T3	30% de almidón de yuca y 70% de harina de trigo

Fuente: Elaboración propia

Las formulaciones utilizadas fueron basadas en la revisión bibliográfica y en la formulación descrita en la Norma técnica para el pan francés INACAL, siendo como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6.

Formulación de pan con sustitución parcial de almidón de yuca

INSUMOS	T1	T2	T3
Harina de trigo(g)	450	400	350
almidón de yuca (g)	50	100	150
Mejorador de masa (g)	5	5	5
Levadura fresca (g)	15	15	15
Manteca (g)	40	40	40

Sal (g)	15	15	15
Azúcar (g)	6	6	6
Agua (ml)	500	500	500

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Muestra y muestreo

Como se considera una población limitada de panes, se consideró como muestra a toda la población, siendo un muestreo censal, por lo que se trabajó con un total de 135 panes.

2.3. Variables, Operacionalización

Tabla 7.

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	NIVEL DE MEDICIÓN
Independiente: Almidón de yuca.	Hidrato de carbono obtenido de la raíz de yuca, con alta capacidad espesante, libre de gluten y potencial uso para la elaboración de panes [12].	Se elaboró almidón de yuca nativo para usarlo como sustitución de harina de trigo en tres porcentajes diferentes. 10%, 20% y 30%	%	Cuantitativo de razón
Dependiente: Evaluación del perfil sensorial.	Análisis Normalizado que se realiza sobre un determinado alimento usando los sentidos [33].	Se aplicó una prueba descriptiva para medir el sabor, el color y la textura de los 3 tratamientos.	% Intervalo	Cuantitativa ordinal

			Se aplicó una cartilla de evaluación de perfil sensorial.		
Evaluación nutricional	Valor nutricional	Está dado por la cantidad de nutrientes que aportan al organismo cuando son consumidos. Estos nutrientes pueden ser lípidos, glúcidos, proteínas, vitaminas y minerales. [39]	Se determinó el valor nutricional del pan que reporte el mejor perfil sensorial: Carbohidratos, grasas, humedad, proteínas, cenizas, fibra cruda y energía total.	Energía total (Kcal) Carbohidratos (g) Grasas (g) Humedad (g) Proteínas (g) Cenizas (g) Fibra cruda (g)	Cuantitativo

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Hernández y Mendoza [48] señalan que las técnicas son los métodos usados para reunir datos e información necesarios para la investigación. De las técnicas más usadas está el análisis bibliográfico que revisa la literatura de un tema para conocer otros casos similares que sirvan de base teórica. La observación es la recopilación de datos a través de lo que se observa; mientras que la experimentación se da cuando se modifican las variables en ambientes controlados, evaluando la respuesta de la muestra ante estímulos. Finalmente, los análisis de laboratorio y sensorial se usan para conocer las propiedades y características de un producto.

Primero, se usó la revisión bibliográfica para comprender las bases teóricas sobre el almidón de yuca y los análisis sensorial y nutricional. También se aplicó la experimentación y la observación, manipulando la variable almidón de yuca para producir panes y analizando sus características y propiedades con los análisis de laboratorio y sensorial.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Cisneros et al. [49] indica que los instrumentos permiten registrar la información de manera ordenada y sistemática para cumplir los objetivos. Siendo en este caso las guías de observación y del ensayo de laboratorio, así como la cartilla de evaluación sensorial que utilizaron los jueces.

La confiabilidad, según Villasís et al. [50], refleja la estabilidad y consistencia de la información obtenida, con el fin de asegurar que se

obtendrá resultados equivalentes si se replica la metodología. La confiabilidad fue medida a través del análisis de varianza (ANOVA) de las 3 repeticiones de la evaluación sensorial por cada juez, identificando si los resultados son similares.

La validez según Ventura [51], se trata de la precisión con la que las técnicas de recolección evalúan la realidad. Se aplicó la validez de criterio y de constructo al comparar y discutir los resultados propios con los de otros autores que midieron realidades similares.

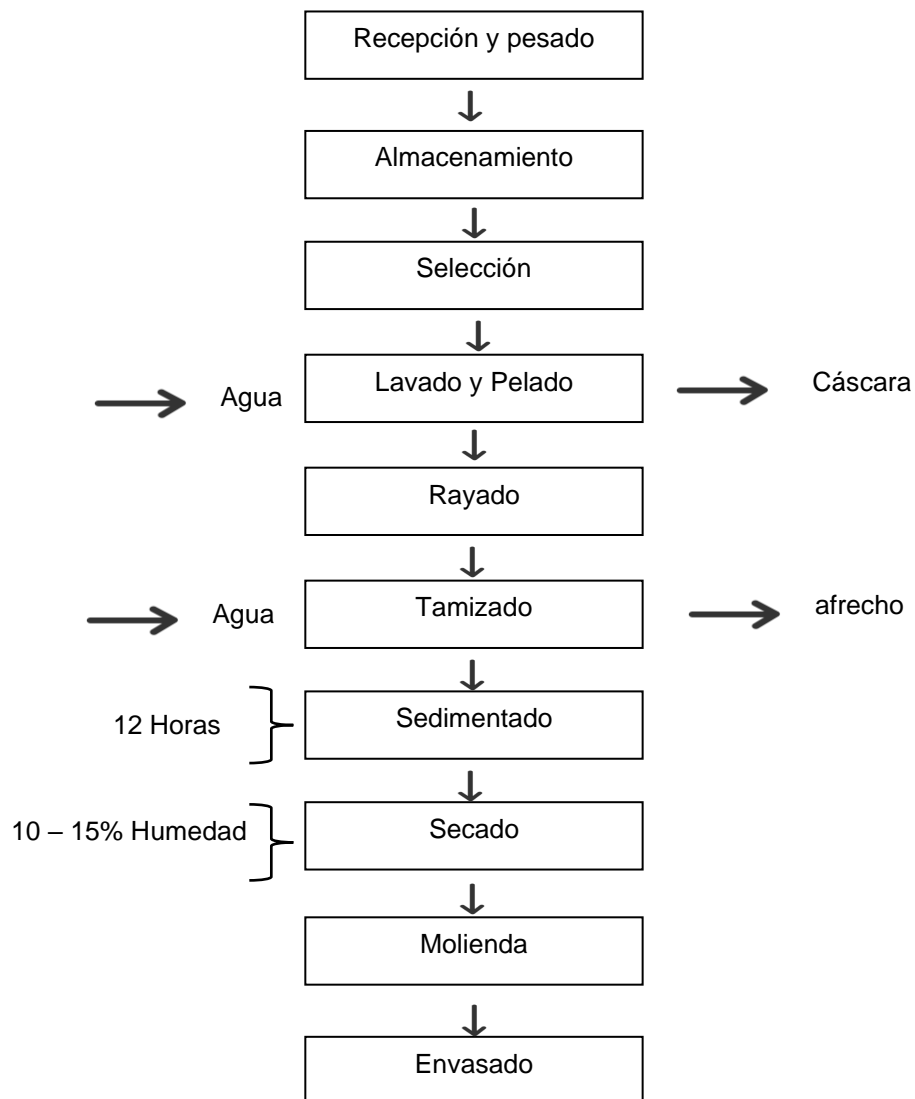
2.5. Procedimientos

2.5.1. Obtención de almidón de yuca

Para la obtención del almidón se aplicará la guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca nativo recomendado por la FAO, como se muestra en la figura 4.

Figura 4.

Flujograma para la obtención del almidón de yuca nativo



Fuente: Abass et al. [25]

Recepción y pesado de la materia prima: Una vez obtenida la merma de la cosecha de la yuca, debe transportarse a la planta donde se procesa en un plazo de 24 a 48 horas para impedir el deterioro fisiológico y microbiano. Para determinar el rendimiento del almidón se procedió a pesar un total de 10 kg de yuca.

Lavado y pelado: Se utilizó agua potable para el lavado con la finalidad de eliminar impurezas que están adheridas a la materia prima. El pelado se realizó de manera manual, utilizando cuchillos de acero inoxidable.

Rallado: En el rallado se liberan los gránulos del almidón presentes en las células de la yuca. Mientras más eficiente sea esta operación se suele mejorar el rendimiento total en el proceso de extracción. Esta etapa se realizó de forma manual utilizando un rallador.

Tamizado: Etapa en la cual se realiza la división de la pulpa o fibra de lo que se conoce como lechada de almidón. Es muy importante no permitir que partículas de fibra se filtren hacia la lechada de almidón, por lo que en muchos casos se sugiere proceder a un recolado con tela organza adecuada para dicha finalidad con el objetivo de retener las fibras finas.

Sedimentación: En esta etapa se separan los gránulos del almidón de su suspensión en el agua, durante un lapso de 12 horas.

Secado: Dependerá de su nivel tecnológico pudiendo realizarse por secado solar o artificial. Considerando que el objetivo principal fue remover la humedad del almidón hasta 10 – 15 %, se utilizó una estufa para análisis de humedad marca Tecnal con una temperatura de 55 °C y tiempo de 4 horas.

Molienda y envasado: El almidón seco que tiene forma de terrones es molido en un mortero hasta obtener la finura o granulometría adecuados para su manipulación. Finalmente, su envasado se realiza en bolas de polietileno de alta densidad.

2.5.2. Propiedades funcionales del almidón

Para determinar el índice de solubilidad, índice de absorción de agua, y poder de hinchamiento se aplicó un método que requiere calentar una suspensión acuosa de almidón, por lo que se hinchan los gránulos por la absorción irreversible y progresiva de agua aumentando tamaño. Se aprovecha la exudación de fracciones de almidón y la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón para determinar estos índices.

Preparación de la muestra

Se procede a pesar los tubos secos a 60 °C pesando la cantidad de 1.25 g de almidón (bs) y se procede agregar 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C. Se agita de forma cuidadosa. Se colocaron los tubos en baño de agua a 60 °C aproximadamente en el lapso de 30 minutos sin exceder dicho tiempo; se procede agitar la suspensión por un tiempo de 10 minutos desde el momento de haber dado inicio el calentamiento. Después se procede a centrifugar a temperatura ambiente a 4900 RPM a un tiempo de 30 minutos. Se decanta el sobrenadante posterior a la centrifugación y se procede a medir el volumen.

Se toma 10 mL del sobrenadante y se coloca en un vaso de precipitado de 50 mL, previamente pesado. Dicho sobrenadante se coloca en un horno desde la noche al siguiente día para secarlo a una temperatura de 70 °C. Luego se procedió a pesar el tubo de centrífuga con el gel y vaso de precipitados con los insolubles.

Se consideró las siguientes fórmulas para el cálculo e interpretación de los resultados:

$$\text{Índice de absorción de agua (IAA)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de muestra (g) bs}}$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso de solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso de muestra (g) bs}}$$

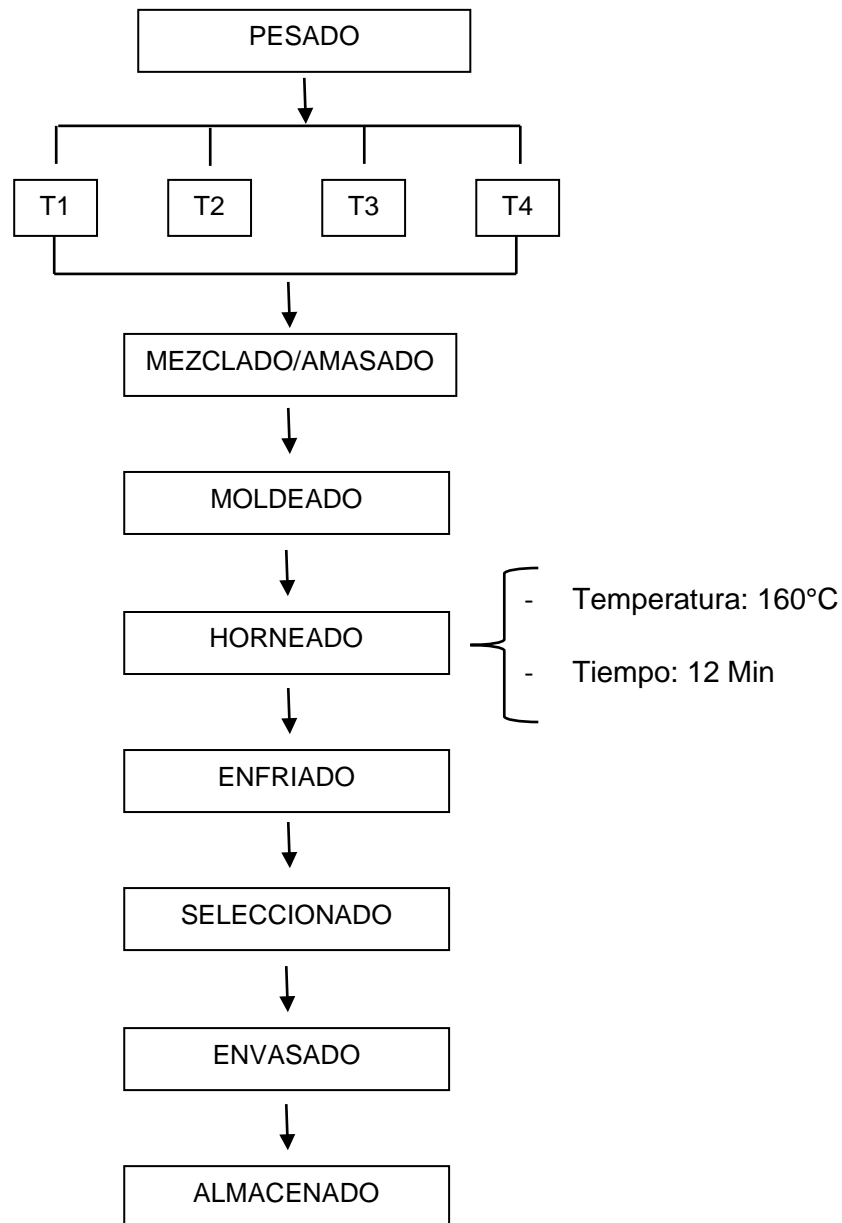
$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de muestra (g) bs} - \text{peso de solubles (g)}}$$

2.5.3. Preparación del pan

El pan con sustitución parcial de almidón de yuca se produce según las etapas mostradas en la figura 5:

Figura 5.

Flujograma de procesamiento de pan de trigo con sustitución parcial de almidón de yuca



Fuente: Rosell et al. [32]

Materias primas e insumos. Se utilizó harina de trigo, almidón de yuca, azúcar, manteca vegetal, sal, levadura, mejorante de panificación, agua.

Pesado. Se realizó el pesado de insumos y materias primas, en base a cada tratamiento; utilizando una balanza electrónica.

Mezclado – Amasado. Para la elaboración de panes se procede a disolver en la amasadora industrial marca PERUMINOX Modelo: As-25 el azúcar, sal, el agua y los demás ingredientes. Después en un recipiente se mezcla en seco la

harina de trigo y el almidón de yuca, la cual se adiciona a la amasadora con la manteca y demás insumos para lograr una masa homogénea. El tiempo aproximado del amasado fue de 10 minutos.

Moldeado. Para el caso del pan se fracciona la masa y se procede a pesar en unidades de 15 Gr, para dar forma concreta y definitiva y ser recepcionada en bandejas para almacenar en los coches de reposo y fermentación por 3 horas a temperatura ambiente.

Horneado. Para el caso del pan los coches con las bandejas fueron transportadas al interior del horno rotativo eléctrico de marca ANCE para su respectiva cocción. El horneado es la etapa crucial debido a que reducimos carga microbiana y se definen características propias del pan. La temperatura del horno fue de 160 °C por un lapso de 12 minutos.

Enfriado. Se realizó a temperatura ambiente, bajando de esta manera la temperatura de los pames por un tiempo de 20 minutos.

Envasado. Se procedió al empaquetado de los panes y sellamos las bolsas de polietileno de alta densidad cada 33 unidades utilizando una selladora manual para obtener paquetes sellados herméticamente.

Almacenado. Se procedió a su almacenamiento a temperatura ambiente en lugares frescos y ventilados.

2.5.4. Evaluación del mejor perfil sensorial de los panes con sustitución de harina de trigo por almidón de yuca

Para la evaluación sensorial de los panes, se aplicó la “Prueba de Evaluación Sensorial” [52]. Se contó con 15 panelistas semi entrenados, como se sugiere en la teoría y lo aplican estudios similares, se procede a presentar muestras de pan de

15 gr, con harina de trigo y muestras de pan con sustitución parcial de almidón de yuca. Se aplicó una cartilla de 10 puntos y se evaluaron características sensoriales teniendo en consideración los criterios de Color, Sabor y Textura. Cada panelista optó entre las opciones y puntajes, donde para Color 1 es extremadamente oscuro y 10 extremadamente claro. El sabor va desde 1 extremadamente desagradable a 10 extremadamente agradable; mientras que para la textura, 1 es extremadamente duro y 10 extremadamente blando.

Las muestras fueron elaboradas el mismo día de la evaluación sensorial, ofreciendo recipientes similares con los panes de cada tratamiento acompañados de su cartilla de evaluación respectiva. Los panes fueron codificados y se entregaron con un vaso de agua y un lapicero. Participaron 15 panelistas para evaluar el pan con sustitución de almidón de yuca respectivamente, las pruebas se replicaron en 3 días diferentes para las repeticiones respectivas.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos se realiza el análisis estadístico de ANOVA y de TUKEY para determinar qué tratamiento tiene mayor valoración y, en base al análisis bibliográfico determinar qué criterio es más importante para el consumidor de pan.

2.5.5. Evaluación nutricional del pan con la mejor formulación de sustitución de harina de trigo por almidón de yuca

Las técnicas utilizadas para determinar el análisis químico proximal del pan que reportó el mejor perfil sensorial por parte de los panelistas.

Carbohidratos: Se establecerá mediante un análisis proximal utilizando el método por diferencia MS-INN. Collazos 1993. Se calculará según la fórmula de alimentos procesados.

Grasas: Usa el método: NTP 206.017:1981 (Revisada el 2011). Como instrumento se emplea un equipo Soxhlet que permite determinar la cantidad de grasas totales que presenta el pan.

Proteína: Se usa el método AOAC 950.36, utilizando el equipo kjeldahl.

Fibra: Se usa el método: NTP 205.003:1980 (Revisado al 2011), esto a través de una mufla al vacío.

Energía total: Se utiliza el método por cálculo, empleando la fórmula de factores de Atwater para los macronutrientes

2.6. Procedimientos de análisis de datos

Por ser los datos obtenidos de las evaluaciones del perfil sensorial y del valor nutricional utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), estos fueron analizados utilizando el ANOVA (Análisis de Varianza), análisis que nos permitió determinar el comportamiento de las variables y a partir del P valor ($P < 0.05$), se estableció si hubo efecto sobre los parámetros evaluados, el cual al ser menor de 0.005, se procedía a realizar la prueba de comparación de medias “prueba de Tukey”, prueba que nos permitía poder determinar la diferencia significativa o similitud a nivel estadístico entre los valores promedios obtenidos de cada uno de los tratamientos en estudio, sobre los parámetros evaluados.

2.7. Criterios éticos

La investigación debe basarse en códigos porque estos consisten en reglas generales o específicas para guiar al investigador en su proyecto. Por lo tanto, establece tres principios generales que ayudan a todos los interesados en la investigación a considerar las formas éticas enfocadas en la investigación en las que esté presente o incluya sujetos humanos. Estos son los tres principios:

A. Distinción entre práctica e investigación

La principal distinción radica en que si el procedimiento es experimental y no ha sido comprobado, se considerará práctica y por ende no se incluirá en la categoría de investigación. Si hay procedimientos nuevos, deberían pasar por un examen formal para determinar si son efectivos y seguros.

B. Principios éticos básicos.

Se refiere a la justificación de las evaluaciones de conceptos éticos y calificaciones para los actos de los seres humanos.

- Respeto a los demás

Toma base en todas las personas, independientemente de si tienen o no autonomía definida. Se espera que todos los participantes lo hagan de manera voluntaria y con la información adecuada.

- Beneficencia

Esta se basa en tratar a todas las personas de manera moral, lo que significa que no solo es necesario respetar las decisiones de los demás, sino que también estar involucrados en conseguir su bienestar. Si no se tiene una obligación, se debe demostrar bondad y solidaridad con el objetivo principal de no causar daño y aumentar los beneficios para eliminar todos los posibles daños.

- Justicia

Es cuestión de comprender lo que se merece, pero esta noción requiere una explicación. Otra forma de entender el principio de justicia es que todos deben ser tratados de manera igual. Durante mucho tiempo, la justicia ha sido considerada

como práctica social, pero en las últimas décadas del siglo XIX y principios del siglo XX, se utilizó como herramientas de investigación.

C. Aplicaciones

Algunos de los requisitos para que estas aplicaciones se consideren en las investigaciones son el entendimiento informado, los riesgos y los beneficios y la selección de los participantes del estudio.

APA [53] afirma que no se deben realizar cambios, creación o falsificación de resultados, así como está prohibido tajantemente la alteración de los datos obtenidos. Bajo ningún concepto se debe omitir alguna observación dudosa o aumentar algún detalle con el fin de lograr una conclusión que convenga para el objetivo.

Para llevar a cabo este estudio, se respetó la confidencialidad de las personas que participen para evitar daño a su imagen. Además, cada instrumento fue evaluado de manera objetiva y transparente con el consentimiento informado para la investigación.

2.8. Criterios de rigor científico

La investigación actual toma en cuenta los criterios propuestos por Noreña et al. [54]:

Credibilidad. Este criterio es empleado porque la información descriptiva proporciona un acercamiento a la realidad problemática de la producción de yuca del distrito de Nueva Arica. Esto garantiza que los resultados alcanzados sean confiables y creíbles, creando un precedente de estudio para futuras investigaciones en similares contextos.

Consistencia. El estudio actual no tiene réplicas ni duplicados, ya que proporcionará pruebas de la obtención de los hallazgos y, sobre todo, la solución de la problemática mediante la contribución científica.

III. RESULTADOS

Tabla 8.

Resultados de la composición proximal del almidón nativo de yuca.

Parámetros	Resultados
Proteína	2,31% (\pm 0.20)
Grasa	0,05% (\pm 0.005)
Fibra	0,0% (\pm 0.0)
Ceniza	0,44% (\pm 0.02)
Humedad	13,94% (\pm 0.50)
Energía	3219,15 kcal/kg (\pm 10.30)

Fuente: OPEN FOOD FACTS.

Se observa en la tabla 8 que los parámetros tienen niveles bajos. La proteína es la que más está presente con un 2.31%, lo que representa una mayor capacidad para absorber agua y aceite, permitiendo que el pan sea suave pero con una estructura sólida, resistente a la ruptura. La grasa es de un 0.05% y la fibra 0.0%, lo que refleja que el almidón aportará un sabor neutro, siendo fácil de digerir para el consumidor. La ceniza está presente solo en 0.44%, indicando que es un almidón ligero, sin mucha presencia de minerales. En cuanto a la humedad, el 13.94% es un valor alto pero dentro de lo esperado para no estar propenso a recibir daño microbiano y que pierda calidad. Finalmente, el almidón aporta 3219.15 kcal/kg de energía, lo que es un alto contenido calórico, dando energía al consumidor.

Tabla 9.*Propiedades funcionales del almidón de yuca*

ALMIDÓN DE YUCA	Promedio
Temperatura de gelatinización	66 °C (± 0.1)
Índice de absorción de agua a 85°C (gr de agua/gr de almidón)	13.03 (± 1.30)
Índice de solubilidad a 85°C (gr de sólidos solubles/gr de almidón)	8.52 (± 0.20)
Poder de Hinchamiento 85°C (gr de gel/gr de sólidos solubles)	14.53 (± 0.80)

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 9 que las propiedades funcionales están acordes con la composición proximal, pues tiene una temperatura de gelatinización de 66°C, un valor alto, lo que refiere a que el almidón no se gelatinizará hasta que el pan esté horneado. Los índices de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento también tienen valores altos, lo que demuestra que el almidón absorbe una buena cantidad de agua, lo que le permitirá ser suave y esponjoso.

Perfil sensorial del pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo por almidón de yuca

Tabla 10.*Resultados del atributo sensorial: Color*

N°	T1 (10%)			T2 (20%)			T3 (30%)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	3	3	3	6	6	7	7	7	8
2	4	3	3	6	7	6	8	7	8
3	5	5	5	6	6	6	8	7	8
4	5	5	5	7	7	7	8	8	8

5	5	4	6	7	8	7	8	7	7
6	6	6	6	7	7	7	8	8	7
7	6	6	5	7	7	8	9	8	9
8	6	5	6	8	8	7	9	9	9
9	6	5	6	8	7	7	9	10	8
10	6	6	5	8	7	8	9	9	9
11	6	6	6	8	8	8	9	9	9
12	7	7	7	8	8	8	9	10	9
13	7	6	7	8	8	8	9	10	9
14	7	7	6	9	8	10	10	10	10
15	7	7	7	9	9	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.

ANOVA para el atributo Color

Origen		Tipo III de suma	Media		P	
		de cuadrados	gl	cuadrática	F	valor
Intersección	Hipótesis	2347.222	1	2347.222	786.569	.000
	Error	41.778	14	2.984 ^a		
Tratamientos	Hipótesis	65.244	2	32.622	135.211	.000
	Error	6.756	28	.241 ^b		
Panelistas	Hipótesis	41.778	14	2.984	12.368	.000
	Error	6.756	28	.241 ^b		

R² = 98.12

CV = 2.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.*Prueba de comparación de medias TUKEY para el atributo: Color*

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto		
		1	2	3
T1: 10% de sustitución	15	5.67		
T2: 20% de sustitución	15		7.40	
T3: 30% de sustitución	15			8.60
Sig.		1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se observa que el valor de color aumenta, así como aumenta el porcentaje de sustitución, incluso los primeros panelistas pasan de dar un valor 3 al T1 a 8 al T3, pasando de oscuro a medianamente claro. Al aplicar el ANOVA en la tabla 11, se observa que el valor de significancia (0.000) es menor a 0.05, deduciendo que la sustitución de almidón de yuca tiene un efecto significativo en este atributo. Para identificar cuál es el mejor tratamiento, se realiza la prueba de TUKEY mostrado en la tabla 12, en la que se observa los promedios de las valoraciones sensoriales de cada panelista, evidenciándose que el tratamiento con el valor promedio más alto fue el T3 (30%) con 8.6 (Muy Claro), lo que indica que, a mayor porcentaje de sustitución de almidón de yuca, se tiene un pan más claro.

Tabla 13.*Resultados del atributo sensorial: Sabor*

N° DE PANELISTAS	T1 (10%)			T2 (20%)			T3 (30%)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	5	5	5	6	6	6	6	6	5
2	5	4	5	7	7	8	6	6	6
3	5	5	5	7	7	7	6	6	6
4	5	4	4	7	8	8	6	6	6
5	6	6	5	7	8	7	6	5	5
6	6	6	5	8	8	9	7	7	6
7	7	6	6	8	8	8	7	6	7
8	7	7	7	8	8	9	7	6	6
9	7	7	6	8	9	9	7	7	7
10	7	7	7	8	8	8	7	7	6
11	8	8	8	8	8	8	7	6	7
12	8	8	8	8	9	8	8	7	7
13	8	8	9	8	9	9	8	8	8
14	8	8	8	8	8	8	8	7	8
15	8	8	8	9	9	9	8	7	7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14.*ANOVA para el atributo Sabor*

Origen		Tipo III de suma		Media		P valor
		de cuadrados	gl	cuadrática	F	
Intersección	Hipótesis	2013.356	1	2013.356	854.726	.000
	Error	32.978	14	2.356 ^a		
Tratamientos	Hipótesis	36.844	2	18.422	43.632	.000
	Error	11.822	28	.422 ^b		
Panelistas	Hipótesis	32.978	14	2.356	5.579	.000
	Error	11.822	28	.422 ^b		
R ² = 97.85					CV = 1.94	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15.*Prueba de comparación de medias TUKEY para el atributo: Sabor*

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto		
		1	2	3
T1: 10% de sustitución	15	5.67		
T3: 30% de sustitución	15		6.53	
T2: 20% de sustitución	15			7.87
Sig.		1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13 ya no se observa una tendencia tan clara en el sabor, manteniendo una opinión similar entre los tratamientos, aunque se destaca que el T1 tiene algunas opiniones de ser poco desagradable (4). Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) en la tabla 14, se observa que el valor de significancia (0.000)

es menor a 0.05, por lo que se deduce que la sustitución de almidón de yuca tiene un efecto significativo en este atributo. Para identificar cuál fue el mejor tratamiento, se realizó la prueba de TUKEY mostrado en la tabla 15, en la que se observa los promedios de las valoraciones dadas por los panelistas al sabor del pan, evidenciándose que el de mejor sabor fue el T2 (20%) con 7.87 (Agradable), a diferencia de los demás tratamientos que arrojaron los valores promedios más bajos, lo que nos permite inferir que el almidón de yuca mejora el sabor del pan, pero hasta cierto punto

Tabla 16.

Resultados del atributo sensorial: Textura

N° DE PANELISTAS	T1 (10%)			T2 (20%)			T3 (30%)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	3	3	3	6	6	6	8	8	8
2	4	3	4	7	7	7	8	8	8
3	5	5	5	7	7	8	9	9	8
4	5	5	5	7	7	7	9	9	9
5	5	5	4	7	8	8	9	9	10
6	5	5	4	8	8	8	10	9	9
7	6	6	6	8	8	8	10	10	10
8	6	6	5	8	8	8	9	9	10
9	6	5	5	8	8	8	10	10	10
10	7	7	6	8	8	8	10	10	10
11	7	7	7	8	8	8	10	10	10
12	7	7	7	8	8	8	10	10	10
13	7	7	6	8	8	8	10	9	9

14	7	7	6	8	8	8	9	10	9
15	7	7	7	9	8	8	10	9	9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.

ANOVA para el atributo Textura

Origen		Tipo III de suma		Media		P
		de cuadrados	gl	cuadrática	F	
Intersección	Hipótesis	2553.800	1	2553.80	1418.78	.000
	Error	25.200	14	1.800 ^a		
Tratamientos	Hipótesis	90.533	2	45.267	133.887	.000
	Error	9.467	28	.338 ^b		
Panelistas	Hipótesis	25.200	14	1.800	5.324	.000
	Error	9.467	28	.338 ^b		

R² = 98.65 CV = 3.18

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18.

Prueba de comparación de medias TUKEY para el atributo: Textura

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto		
		1	2	3
T1: 10% de sustitución	15	5.73		
T2: 20% de sustitución	15		7.67	
T3: 30% de sustitución	15			9.20
Sig.		1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16 nuevamente se observa la tendencia de que a mayor porcentaje de sustitución se tiene mejores valoraciones, destacando que el T1 es el único que tiene valoraciones de ser duro, lo que demuestra que el almidón de yuca ayuda al pan a ser más suave. Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) en la tabla 17, se observa que el valor de significancia (0.000) es menor a 0.05, por lo que se deduce que la sustitución de almidón de yuca tiene un efecto significativo en este atributo. Para identificar cuál fue el mejor tratamiento, se realiza la prueba de comparación de medias (TUKEY) mostrado en la tabla 18, observándose los valores promedios dado por los panelistas al atributo textura en el pan, evidenciándose que el tratamiento con el valor más alto para el atributo textura fue el T3 (30%) con 9.2 (Muy blando), en comparación con los demás tratamientos que arrojaron los valores promedios más bajos, lo que indica que el almidón de yuca aporta significativamente en la suavidad del pan.

En las pruebas de comparación de medias para los atributos de color y textura, si bien el T3 arrojó los valores promedios más altos, mostrando un pan más claro y suave no necesariamente es valorado como mejor al momento de decidir por un pan, pues un pan demasiado suave sería más asociado a un bizcocho, mientras que para un pan se espera algo más crocante. Por lo tanto, considerando el atributo del sabor, podemos decir que el T2 arrojó el promedio más alto en la valoración de este atributo (factor muy importante) en comparación con los otros tratamientos, evidenciando además en la prueba de TUKEY, ser estadísticamente diferente a los demás, por encontrarse solo dentro de un subconjunto, por lo que podemos considerar a este tratamiento como el de mejor valoración, pues sus valores medios de color y textura son adecuados.

Valor nutricional de la mejor formulación de pan que reporta la mayor aceptabilidad sensorial.

Tabla 19.

Resultados del valor nutricional del pan que presentó el testigo (100% de harina de trigo) y el tratamiento con mejor perfil sensorial (20% de almidón de yuca)

N°	ENSAYOS	RESULTADOS		Desviación	Aumento
		T0	T2		
1	Energía total (Kcal/100 g de muestra original)	271.8	316.2	31.396	16.34%
2	Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	48.5	61.7	9.334	27.22%
3	Grasa (g/100 g de muestra original)	3.22	3.62	0.283	12.42%
4	Humedad (g/100 g de muestra original)	35	23.73	7.969	-32.20%
5	Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor 6,25)	9.1	9.3	0.141	2.20%
6	Cenizas (g/100 g de muestra original)	2.9	1.76	0.806	-39.31%
7	Fibra cruda (g/100 g de muestra original)	1.28	0.04	0.877	-96.88%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se observa que la energía total aportada por el pan de T2 es mayor que el T0, ambos con valores altos, con una desviación de 31.396 y un

aumento de 16.34%, de la misma forma, los carbohidratos tienen valores altos, con una desviación de 9.334 y un aumento de 27.22%, esto muestra que el almidón de yuca aporta contenido calórico y que el pan aporta mayor energía al cuerpo del consumidor, pero puede ser perjudicial si se busca bajar de peso, por lo que el consumo del pan propuesto debe realizarse con moderación. Por otro lado, la grasa presente en ambos panes es moderada y apenas tiene un 0.283 de desviación, con un aumento de 12.42%, por lo que no tendría un impacto real en el consumidor.

En cuanto a la humedad, el pan testigo tiene un nivel de humedad alto, obteniendo un pan suave y masticable; sin embargo, se tiene una desviación de 7.969 y una disminución del 32.20% en el T2 que alcanza un nivel moderado, teniendo un pan también suave pero no tan empalagoso, duradero y que no se seca tan rápido. Considerando que el T3 (con mayor cantidad de almidón) tuvo una calificación muy alta en suavidad, se considera que el 20% de almidón de yuca es ideal en este aspecto.

La proteína tiene un nivel promedio, sin mucha variación, pues tiene una desviación de 0.141 y un aumento del 2.2%. Este nivel es adecuado pues además de ser nutritivo, el pan es más duradero y no se seca tan rápido. En cambio, para la ceniza, el T0 tiene un nivel moderado de 2.9 g/100g que refleja una cantidad aceptable de minerales, pero el T2 tiene apenas 1.76 g/100g, valor bajo que indica que el pan es menos pesado y más suave, pero es menos nutritivo con un sabor menos marcado.

Finalmente, la fibra cruda es muy baja para ambos panes, por lo que el consumo del pan debe ser moderado y de preferencia acompañado con otras fuentes de fibra que facilitan la digestión.

IV. DISCUSIÓN

Se han realizado numerosos estudios que sustituyen la harina de trigo de forma parcial por otros productos en la industria de panificación, entre los que destacan la harina de algarroba (*Prosopis alba*) [55], harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) [56] y el almidón de yuca [57], de lo que se deduce que existe la tendencia a sustituir la harina de trigo por otros productos que permitan aprovechar materias primas regionales, con mayor facilidad para adquirirlas y no depender de materias primas importadas, como es el caso del trigo, así como proporcionarle a los derivados de la industria panificadora nuevas alternativas para la producción de: galletas, pan y panetones, buscando mayor valor nutricional y funcional.

Los datos observados en la tabla 8 revelan que el almidón de yuca es un buen sustituto de la harina de trigo, para la elaboración de pan y otros productos que requieren de rápida miscibilidad con otras materias primas. Su composición proximal muestra valores ligeramente diferentes a los reportados por otros estudios que usan el mismo almidón [58], pero aun así están dentro de los rangos permisibles por la FAO [57].

Las proteínas apenas representan el 2.31% pues al ser secadas se descomponen; no obstante, debido al cuidado de su cultivo y proceso este resultado es mayor al de otros autores. Andrade et al. [13] encuentra 0.6% de proteínas, Chisenga et. al. [14] tiene apenas 1.6% y Mariñas [17] identifica apenas 0.21 g en la yuca cocida fermentada, pues en el proceso de cocción baja su nivel de proteínas. En cambio, al usar otro subproducto como la harina de yuca que utiliza la raíz, se puede obtener más proteínas, como lo mostró Santillan y López [16] con 7.3.

Las grasas y los lípidos se mantienen bajos en los diversos estudios, demostrando que el almidón es saludable y no afecta en el peso de los consumidores; no obstante, el bajo nivel de fibras es preocupante, pues refleja que este almidón es difícil de digerir, por lo que se debe acompañar con algunos complementos que sí contengan fibra. La harina de yuca también podría ser considerada al obtener 1.12% de fibra según Santillan y López [16]. Se debe resaltar también que Aguilar y Morcillo [55] reportan que el almidón de yuca no contiene gluten, por lo que se utiliza como sustituto de la harina de trigo para preparar alimentos para personas con intolerancias al gluten.

La ceniza observada es de 0.44%, esto relacionado a que se está usando la merma de una cosecha de yuca y no las yucas de mejor calidad, por lo que el contenido de minerales es menor. En cambio, cuando se usa mejores muestras de yuca se obtiene mayor proporción de cenizas como Andrade et al. [13] con 2.3% y Santillan y López [16] con 1.3%.

Finalmente, la humedad encontrada en el almidón de yuca tiene valores similares, siendo que en el estudio se encontró el mayor valor de 13.94%, lo que permitirá un pan más suave, en cambio autores como Andrade et al. [13] obtuvo humedad de 10.1%, Chisenga et. al. [14], 11% y Santillan y López [16], 8.21%.

Las propiedades funcionales del almidón de yuca, tal como se muestran en la Tabla 9 le proporcionan una capacidad diferente al del trigo, ya que logra expandirse cuando está expuesto al calor adoptando el trabajo del gluten presente en el trigo. Por tal razón, los índices de absorción, solubilidad y poder de hinchamiento muestran que el almidón permitirá un producto suave. El almidón de yuca se utiliza de esta forma en India, Brasil y Colombia, y gracias a este ingrediente

se evita que la masa se “quiebre” y se obtiene un producto muy similar al pan de trigo [57].

En relación a la evaluación del perfil sensorial se aplicó la prueba descriptiva y se analizaron tres atributos: color, sabor y textura, esto pues, como lo manifiesta Zegarra et al. [59], de las cinco características (sabor, color, olor, volumen y suavidad) evaluadas se indica que el sabor, textura y color fueron las cualidades generales que busca el consumidor al momento de adquirir un pan.

El color es una característica peculiar del pan producida por la luz reflejada sobre éste y que impresiona a la vista (Norma INEN 530-1980), siendo una de las propiedades de calidad más importantes para la aceptabilidad de los alimentos, además de que presentan un impacto positivo sobre los consumidores [60]. En la tabla 10 se presentan los resultados de la evaluación del atributo color, mostrando en la tabla 12 que la formulación con mayor valor es el T3 con 8.6: muy claro, pero debido a que un pan tan claro no es tan llamativo, se escoge al T2 como mejor tratamiento con un valor de 7.40 de 10 que corresponde a medianamente claro. Los resultados concuerdan con lo reportado por otros estudios [61], que indica que el almidón de yuca presenta un color menos intenso que la harina de trigo, lo cual influye en la preferencia del consumidor al elegir un pan.

Santillan y López [16] también valoró positivamente el color, con 4.27 de 5 al tratamiento con 12% de harina de yuca, Mariñas [17] valoró con 7.62 de 9 al bizcocho con yuca cocida fermentada, mientras que Aponte y Collachagua [15] valoró con 5.5 de 7 a una galleta con 10% de harina de yuca. Por tanto, se puede observar que se tiene valoraciones buenas con respecto al color, cuando se reemplaza la harina de trigo por variedades de yuca.

En relación al sabor, la tabla 13 indica una tendencia a preferir el T2, con una puntuación de 7.87 de 10: agradable en la tabla 15. No se tiene una valoración tan alta debido a que el almidón cuenta con bajo nivel de grasa y fibra, dando un sabor más neutro, pero aun así, Sigüenza-Andrés et. al [12] señala que los almidones tienen un sabor marcado y pronunciado -entre agrio y salado-, relacionado con la acidez del almidón; por lo que autores como Aponte y Collachagua [15], Santillan y López [16] y Mariñas [17] obtienen 5.6 de 7, 4.13 de 5 y 7.54 de 9 respectivamente, valores altos al sustituir productos derivados de la yuca por harina de trigo, pero que por lo general tienen mejor aceptación que el color y textura.

En cuanto a la textura, Giraldo [62] manifiesta que esta característica en el pan es muy importante, ya que influyen en gran medida en las decisiones de compra de los consumidores. La corta vida útil del pan y la pérdida de frescura de la miga está fundamentalmente asociada con la evolución de dos parámetros de textura: el incremento de firmeza y pérdida de elasticidad. Por tanto, en la Tabla 16 se presentan los resultados de la evaluación del atributo Textura, indicando que el mejor tratamiento corresponde al T2, con una valoración de 7.67 de 10. Sigüenza-Andrés et. al [12] también señala que la adición de harina de yuca afecta en la textura al hacerlos más blandos, con mayor contenido de agua con migas más cohesivas y menos secas en boca. Por ello, Aponte y Collachagua [15] valora a la textura con 5.6 de 7 y Santillan y López [16] con 4.2 de 5

Se debe resaltar que Zegarra, Muñoz y Escudero [59] reportan que la inclusión de niveles mayores de 20% de almidón de yuca genera una reducción en el contenido de proteína, generando panes de miga gruesa y de menor volumen específico, lo que influye negativamente en la textura del pan. Así mismo para que

la textura del pan sea uniforme y a la vez su apariencia externa sea lisa es necesario utilizar un almidón blanco-fino para lograr que la masa se homogenice correctamente con todos los ingredientes.

Por tanto, aunque el T3 tiene una mayor valoración en color y textura, ya se ha mencionado que un pan demasiado suave sería confundido con un bizcocho y no tan valorado, de hecho, algunos prefieren un pan crocante, por lo que se considera al T2 como mejor tratamiento al tener mayor valoración en sabor, con valores medios de color y textura.

En la energía total, los carbohidratos y la grasa se observa un aumento de 16.34%, 27.22% y 12.42%, lo que indica que la adición de almidón aumenta el contenido calórico y proporciona mayor energía al consumidor, pero puede ser perjudicial si el consumo es excesivo. Andrade et al. [13] demuestra que la harina de yuca es un excelente productor de hidratos de carbono, pues al sustituir el 30%, logra pasar de 16.6% a 86.4% de carbohidratos. Esto es importante pues la OMS [63] indica que las kilocalorías son la energía que necesita el cuerpo para vivir para desarrollar nuestras funciones vitales por lo que debemos incorporar cada día alimentos que aporten energía.

En cuanto a la humedad, el pan testigo tiene un nivel de humedad alto, obteniendo un pan suave y masticable; sin embargo, se tiene una disminución del 32.20% en el T2 con un pan también suave pero no tan empalagoso, duradero y que no se seca tan rápido. Estos resultados se logran en el proceso de producción y con los ingredientes usados, pues en el estudio se aplicó 15g de levadura y 15 g de sal con 2 minutos en el horno, en cambio Sigüenza-Andrés et. al [12] logró obtener volumen de hinchamiento e índice de absorción de agua mayores al aplicar solo 3 g de levadura y 1.8 g de sal. Del mismo modo, Chisenga et. al. [14] señala

que con 10% de yuca solo se requiere de 2.1 min para desarrollar la masa logrando mejorar la humedad de 13% a 14%, mientras que para sustituciones de 30% llega a requerir hasta 9.4 min, lo que genera que la humedad decaiga totalmente.

La proteína no tiene mucha variación, solo teniendo un aumento del 2.2% a 1.76 g/100g. Este nivel es adecuado pues además de ser nutritivo, el pan es más duradero y no se seca tan rápido. De la misma forma, Susilowati et al. [9] encontró que al agregar hasta 2.4% de harina de yuca, las proteínas aumentan en un 5.56%. Mariñas [17] confirma estos datos, pues al agregar 100 g de yuca fermentada mejora las proteínas en los bizcochos hasta 8.81 g/100g. Estos resultados demuestran que el almidón de yuca tiene más proteínas que la harina de trigo, por lo que se debe recomendar su uso.

En cambio, para la ceniza, el T0 tiene un nivel moderado de 2.9 g/100g que refleja una cantidad aceptable de minerales, pero el T2 tiene apenas 1.76 g/100g con una disminución de 39.31%, valor bajo que indica que el pan es menos pesado y más suave, pero es menos nutritivo con un sabor menos marcado. Aponte y Collachagua [15] también encuentra que al agregar harina de yuca a 10% disminuye en 4.74% las cenizas en comparación cuando se agrega 5%. Mariñas [17] confirma estos datos, pues al agregar 100 g de yuca fermentada disminuye las cenizas en los bizcochos hasta 2.60 g/100g. Esto es causado por el aumento de tiempo de horneado, pues mientras más almidón se presente, mayor tiempo se requiere, lo que genera que los minerales se quemen y desaparezcan.

Finalmente, la fibra cruda es muy baja, sobre todo para el T2 con 0.04 g/100g con una disminución de 96.88%. Aponte y Collachagua [15] también observaron como la fibra disminuye en un 21.3% de una galleta con 15% de harina de yuca en comparación a si se le agrega solo 5%. Mariñas [17] confirma estos datos, pues al

agregar 100 g de yuca fermentada disminuye la fibra en los bizcochos hasta 0.092 g/100g, Esto es causado debido a que las variedades de yuca contienen un bajo nivel de fibra, por lo que, al reemplazarla por la harina de trigo, la fibra del pan en general disminuye. Esto es preocupante pues, según lo reportado por el Instituto Nacional de Salud [7], la presencia de cantidades moderadas de fibra cruda o insoluble en la dieta favorece un mejor desarrollo del órgano digestivo, el incremento en la secreción de ácido clorhídrico, sales biliares y enzimas digestivas, y todos estos cambios permitirían una mejor salud intestinal, por lo que se sugiere complementar estos panes con alguna fuente adicional de fibra.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La composición proximal del almidón de yuca señala que tiene un 2,31% de proteína, grasa 0.05%, fibra 0.0%, ceniza 0.44%, humedad 13.94% y energía 3219.15 kcal/kg, mientras que sus propiedades funcionales tienen valores altos lo que indica que el almidón tiene una buena capacidad de absorber agua, resultando en productos suaves, fáciles de digerir y con alto contenido calórico.

- El T2 reportó el mejor perfil sensorial, con color poco claro (7.4), sabor agradable (7.87) y textura blanda (7.67). Si bien el T3 obtuvo mejor valoración en color y textura, un color más claro y una textura más suave perjudica la aceptación del consumidor de pan.

- Se analizó el valor nutricional del T2 reportándose un aumento con respecto al T0 de energía, carbohidratos, grasa y proteínas, pero disminuyendo la humedad, cenizas y fibra cruda. Esto demuestra que el pan con almidón de yuca representa una mayor fuente de energía, pero no debe ser consumida en exceso por su escasez de minerales y fibra, siendo difícil de digerir.

- Se concluye que el almidón de yuca permite producir un pan con mejor perfil sensorial y nutricional que el elaborado con harina de trigo, pero no debe ser consumido en exceso.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda la estandarización del proceso de elaboración de almidón de yuca lo que permitirá mejorar su calidad, obteniendo mejor composición proximal y propiedades funcionales, así como permita generar mayores ingresos locales y no depender de la importación.

- Se recomienda realizar mayores estudios sensoriales que abarquen todos los atributos posibles, incluyendo un análisis de panes con diferentes aditivos.

- Se recomienda el empleo de enzimas y de complementos que agreguen fibra para mejorar la calidad del pan, especialmente cuando se utiliza una combinación de fuentes de almidón que son difíciles de digerir y con bajo nivel de minerales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Ribeiro, F. M. Nunes, M. Rodriguez-Quijano, J. M. Carrillo, G. Branlard and G. Igrejas, "Next-generation therapies for celiac disease: The gluten-targeted approaches," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 75, pp. 56-71, 2018.
- [2] O. E. Dudu, Y. Ma, A. Adelekan, A. B. Oyedeji, S. A. Oyeyinka and J. W. Ogungbemi, "Bread-making potential of heat-moisture treated cassava flour-additive complexes," *LWT*, vol. 130, 2020.
- [3] K. Baldera, D. Chaupis Meza, C. Cárcamo, K. Holmes and P. García, "Population seroprevalence of celiac disease in urban areas of Peru," *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, vol. 37, no. 1, pp. 63-6, 2020.
- [4] R. E. C. Ale Ruiz, "Análisis de la industria de harina de trigo en el Perú," Universidad ESAN, Lima, 2019.
- [5] MINAGRI, "minagri.gob.pe," Marzo 2020. [Online]. Available: <http://minagri.gob.pe/portal/28-sector-agrario/esparragos>. [Accessed 2020].
- [6] S. A. Rasaq, T. A. Shittu, G. J. Fadimu, A. B. Abass and O. Omoniyi, "Effect of cassava variety, fertiliser type and dosage on the physicochemical, functional and pasting properties of high-quality cassava flour (HQCF)," *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, vol. 12, no. 1, 2020.

- [7] Instituto Nacional de Salud, "Informe Anual de las inspecciones realizadas en molinos productores de harina de trigo del Perú," Ministerio de Salud, Lima, 2020.
- [8] E. O. Alamu, B. Maziya-Dixon, B. Olaniyan, N. Pheneas and D. Chikoye, "Evaluation of nutritional properties of cassava-legumes snacks for domestic consumption—Consumer acceptance and willingness to pay in Zambia," *AIMS Agriculture and Food*, vol. 5, no. 3, pp. 500-520, 2020.
- [9] A. Susilowati, Aspiyanto, H. Melanie, Y. Maryati, P. D. Lotulung, A. F. Devi and S. Budiari, "Alternative Use of Modified Cassava Flour (Mocaf) as Carrier of Natural Folic Acid in Infant Biscuits for Complementary Feeding," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1011, pp. 18-20, 2021.
- [10] A. R. Nanyonjo, R. S. Kawuki, F. Kyazze, W. Esuma, E. Wembabazi, D. Dufour, E. Nuwamanya and H. Tufan, "Assessment of end user traits and physicochemical qualities of cassava flour: a case of Zombo district, Uganda," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 56, no. 3, pp. 1289-1297, 2020.
- [11] INEI, "Perú: Panorama Económico Departamental," INEI.gob.pe, Lima, 2021.
- [12] T. Sigüenza-Andrés, C. Gallego and M. Gómez, "Can cassava improve the quality of gluten free breads?," *LWT*, vol. 149, 2021.
- [13] V. Andrade de Oliveira, G. Freire da Costa and S. de Sousa, "Chemical and microbial evaluation of bread and biscuits made from wheat flour

substitutud with cassava flour," *Nutrition & Food Science*, vol. 51, no. 5, 2021.

- [14] S. M. Chisenga, T. S. Workneh, G. Bultosa, B. A. Alimi and M. Siwela, "Dough rheology and loaf quality of wheat-cassava bread using different cassava varieties and wheat substitution levels," *Food Bioscience*, vol. 34, 2020.
- [15] I. G. Aponte Sierra and D. P. Collachagua Espinoza, "Efecto de la sustitución parcial de harina de Trigo (*Triticum Vulgare*) por harina de Yuca (*Manihot Esculenta*) en la elaboración de galleta crocante fortificado con fibra," Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, La Merced, 2019.
- [16] E. G. Santillan and W. C. López Sanchez, "Influencia de la sustitución de harina de trigo por harina de yuca en la elaboración del pan," Universidad Nacional "Hermilio Valdizan", Huánuco, 2016.
- [17] E. R. Mariñas Pérez, "Elaboración de bizcochos con adición de yuca (*Manihot sculenta*) cocido fermentada (Masato)," Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, 2014.
- [18] J. O. Ouma, G. O. Abong and S. Ngala, "Contribution of cassava and cassava-based products to food and nutrition security in Migori County, Kenya," *African Journal of Food, agriculture, nutrition and development*, vol. 21, no. 1, 2021.
- [19] C. Klein, "Handbook on cassava : production, potential uses and recent advances," *Nova Publishers*, 2017.

- [20] J. Xu, Y. Zhang, W. Wang and Y. Li, "Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 103, pp. 200-213, 2020.
- [21] N. Wely Asmoro, A. I. Niken Tari, R. Widyastuti and C. Kurnia Setiawan, "Addition of *Moringa oleifera* Lam. Leaves Flour for Increasing the Nutritional Value of Modified Cassava Flour-Based Breakfast Cereal," *E3S Web Conf.*, vol. 226, 2021.
- [22] N. K. Morgan and M. Choct, "Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets," *Animal Nutrition*, vol. 2, no. 4, pp. 253-261, 2016.
- [23] C. S. Odoemelam, B. Percival, Z. Ahmad, M.-W. Chang, D. Scholey, E. Burton, P. N. Okafor and P. B. Wilson, "Characterization of yellow root cassava and food products: investigation of cyanide and β -carotene concentrations," *BMC Research Notes*, vol. 13, no. 333, 2020.
- [24] L. Ratnawati, D. Desnilasari, R. Kumalasari and D. N. Surahman, "Characterization of modified cassava flour (mocaf)-based biscuits substituted with soybean flour at varying concentrations and particle sizes," *Food Research*, vol. 4, no. 3, pp. 645-651, 2020.
- [25] A. B. Abass, W. Awoyale, B. Alenkhe, N. Malu, B. W. Asiru, V. Manyong and N. Sanginga, "Can food technology innovation change the status of a food security crop? A review of cassava transformation into "bread" in Africa," *Food Reviews International*, vol. 31, no. 1, pp. 87-102, 2018.
- [26] Instituto nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, "Manual del cultivo de yuca. *Marihot esculenta* Crantz," Programa

Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor
Agrícola, Costa Rica, 2017.

- [27] B. I. Kayode, R. M. O. Kayode, O. A. Abiodun, C. Nwosu, O. R. Karim and S. A. Oyeyinka, "Chemical, functional and physicochemical properties of flour from cassava stored under freezing," *Journal of Stored Products Research*, vol. 92, 2021.
- [28] S. Khurshida and S. Chandra Deka, "Application of microwave and hydrothermal treatments for modification of cassava starch of Manipur region, India and development of cookies," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 59, pp. 344-354, 2021.
- [29] E. C. Andrade Neves, G. Costa Nascimento, A. Rios Ferreira, D. Andrade Neves, A. Rinaldi Fukushima, L. A. Baffile Leoni and M. T. P. Silva Clerici, "Classificações e características nutricionais e tecnológicas de farinhas de mandioca comercializadas em Belém, Pará, Brasil," *Braz. J. Food Technol.*, vol. 23, 2020.
- [30] M. D. Sifre, M. Peraire, D. Simó, A. Segura, P. Simó and P. Tosca, "La Harina," Universitat Jaume I, 2020.
- [31] S. Finnie and W. A. Atwell, "Wheat Flour," 2016.
- [32] C. M. Rosell, J. Bajerska and A. F. El Sheikha, "Bread and Its Fortification," Nutrition and Health Benefits, 2021.
- [33] I. Davidson, "Biscuit Baking Technology," *Processing and Engineering Manual*, pp. 329-333, 2016.
- [34] Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, "Análisis sensorial," UPAEP, México, 2014.

- [35] H. T. Lawless and H. Heymann, "Sensory Evaluation of Food," *Chemistry and Materials Science*, no. 2, 2010.
- [36] J. Chen and A. Rosenthal, "Modifying Food Texture," *Volume 2: Sensory Analysis, Consumer Requirements and Preferences*, 2015.
- [37] N. Selway and J. R. Stokes, "Insights into the dynamics of oral lubrication and mouthfeel using soft tribology: Differentiating semi-fluid foods with similar rheology," *Food Research International*, vol. 54, no. 1, pp. 423-431, 2013.
- [38] M. A. Peña González, S. Peña González and J. G. García Zumalacarregui, "Análisis sensorial como una herramienta clave para innovar en la industria vinícola," *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 33, no. 1, p. 12, 2021.
- [39] J. P. J. P. A. y. D. P. Adrian, *Análisis nutricional de los alimentos*, Zaragoza: Acribia, 2000.
- [40] M. A. Mollinedo-Patzi, "Carbohidratos," *Revistas Bolivianas*, 2014.
- [41] H. H. and F. D., "Química y Vida," *México: Publicaciones Culturales*, 1986.
- [42] P. Campbell, *Ciencia y Tecnología de los alimentos*, Zaragoza: Acribia S.A, 2019.
- [43] J. -. C. Cheftel, *Proteínas alimentarias: Bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional*, Zaragoza: Edit. ACRIBIA S.A, 1989.
- [44] FAO, "Análisis de Fibra Dietética," *Boletín informativo FAO*, 2018.
- [45] M. Onzari, *Fundamentos de Nutrición en el deporte*, Buenos Aires: El Ateneo, 2021.

- [46] M. Leonel, T. P. Rodrigues dos Santos, S. Loeonel, C. H. E. de Souza Santos and G. P. Pereira Lima, "Misturas de amido de mandioca com farinhas de banana como matérias-primas para biscoitos sem glúten," *Arquivos*, vol. 42, no. 4, 2021.
- [47] H. Jamaludin, H. S. Elshreef Elmaky and S. Sulaiman, "The future of food waste: Application of circular economy," *Energy Nexus*, vol. 7, 2022.
- [48] R. Hernández Sampieri and C. P. Mendoza Torres, Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, 7ma ed., México: Editorial Mc Graw Hill Education, 2018, p. 714.
- [49] A. J. Cisneros Caicedo, A. F. Guevara García, J. J. Urdánigo Cedeño and J. E. Garcés Bravo, "Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia," *Dominio de las Ciencias*, vol. 8, no. 1, pp. 1165-1185, 2022.
- [50] M. Á. Villasís Keever, H. Márquez González, J. N. Zurita Cruz, M. G. Miranda Novales and A. Escamilla Núñez, "El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones," *Revista Alergia México*, vol. 54, no. 4, pp. 414-421, 2018.
- [51] J. L. Ventura León, "La importancia de reportar la validez y confiabilidad en los instrumentos de medición: Comentarios a Arancibia et al," *Revista médica de Chile*, vol. 145, no. 7, 2017.
- [52] P. Severiano Pérez, "¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?," *Interdisciplina*, vol. 7, no. 19, pp. 47-68, 2019.

- [53] American Psychological Association, "Principios éticos de los psicólogos y código de conducta," Universidad de Buenos Aires, 2010.
- [54] A. L. Noreña, N. Alcaraz-Moreno, J. G. Rojas and D. Rebolledo Malpica, "Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa," *Aquichan*, vol. 12, no. 3, pp. 263-274, 2012.
- [55] R. S. Aguilar Monserrate and J. E. Marcillo Holguín, "Desarrollo de una formulación para la elaboración de una galleta libre de gluten con un alto valor proteínico enriquecida con *Spirulina Platensis*," Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2018.
- [56] C. A. Laguna Mila and C. A. Sifuentes Cisneros, "Optimización de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de tarwi (*lupinus mutabilis*) y harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*) en galletas tipo cookie destinados a niños en edad escolar," Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, 2019.
- [57] J. J. García Mendoza, M. J. Zambrano Mendoza, P. A. Vargas Zambrano, J. P. Muñoz Murillo and R. C. Párraga Alava, "Almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como agente ligante en la producción de mortadela tipo bologna," *Manglar*, vol. 18, no. 1, 2021.
- [58] J. Figueroa Flórez, E. M. Cadena-Chamorro, E. Rodríguez-Sandoval, J. Salcedo-Mendoza and H. Ciro-Velásquez, "Cassava starches modified by enzymatic biocatalysis: effect of reaction time and drying method," *DYNA*, vol. 86, no. 208, 2019.
- [59] S. Zegarra, A. M. Muñoz and F. Ramos Escudero, "Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*)

Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial," *Rev Chil Nutr*, vol. 46, no. 5, pp. 561-570, 2019.

[60] M. Kim, Y. Yun and Y. Jeong, "Effects of corn, potato, and tapioca starches on the quality of gluten-free rice bread," *Food Science and Biotechnology*, vol. 24, pp. 913-919, 2015.

[61] Red Prensa Verde, "La fécula de yuca complementaría a la harina de trigo en la receta de pan," 16 noviembre 2017. [Online]. Available: <https://redprensaverde.org/2017/11/16/la-fecula-de-yuca-complementaria-a-la-harina-de-trigo-en-la-receta-de-pan/>.

[62] P. A. Giraldo Giraldo, "Estandarización del proceso de elaboración del pan de yuca en la empresa Productos Ponque Rico Itagüí, Antioquia.," Corporación Universitaria Lasallista, Antioquía, 2019.

[63] OMS, "Organización Mundial de la Salud," 07 Febrero 2018. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento. Cartilla de evaluación del perfil sensorial

Anexo 2. Fotografías de la materia prima. Yuca del distrito de Nueva Arica

Anexo 3. Obtención del almidón de yuca

Anexo 4. Elaboración de un pan de harina de trigo con sustitución parcial de almidón de yuca

Anexo 5. Aplicación del perfil sensorial de un pan elaborado de harina de trigo con sustitución parcial de almidón de yuca al 10%, 20% y 30%

Anexo 6. Resultados del informe del análisis proximal de un pan de harina de trigo con sustitución parcial de almidón de yuca al 20%

ANEXO 1

INSTRUMENTO

CARTILLA DE EVALUACIÓN DEL PERFIL SENSORIAL

Producto: PAN ELABORADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*).

Sírvase a degustar las muestras que se presentan y señale con una marca el grado de aceptación en la regla que se muestra a continuación.

T0: Tratamiento Testigo

Color	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sabor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dureza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

T1: Tratamiento 10%

Color	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sabor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dureza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

T2: Tratamiento 20%

Color	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sabor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dureza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

T3: Tratamiento 30%

Color	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sabor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dureza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ANEXO 2

Fotografías de la materia prima. Yuca del distrito de Nueva Arica



Cosecha de yuca Distrito de Nueva Arica



Descarte Post cosecha yuca Distrito de Nueva Arica

ANEXO 3

Obtención del Almidón de yuca



Selección de yuca



Pelado de yuca



Rayado de yuca

Sedimentación del almidón

ANEXO 4

Elaboración de un pan de harina de trigo con sustitución parcial de almidón de yuca



Pesado de los insumos



Mezclado de los insumos



Pesado de la masa



Boleado de la masa



Resultado del horneado



Pan con sustitución parcial al 30%



Pan con sustitución parcial al 20%

ANEXO 5

Aplicación del perfil sensorial de un pan elaborado de harina de trigo con sustitución parcial de almidón de yuca al 10%, 20% y 30%



Codificación de los tratamientos y cartilla



Presentación de los tratamientos



Panelista 1



Panelista 2

ANEXO 6

Resultados del informe del análisis proximal de un pan de harina de trigo con sustitución parcial de almidón de yuca al 20%



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS
N° 005614-2021

SOLICITANTE	: JULIO BREMEL GALVEZ RODAS
DIRECCIÓN LEGAL	: CALLE MANUEL MARIA IZAGA 933 CHICLAYO _ LAMBAYEQUE RUC : 44749208 Teléfono : ---
PRODUCTO	: PAN ELABORADO CON HARINA DE TRIGO Y SUSTITUCION PARCIAL DE ALMIDON DE YUCA
NUMERO DE MUESTRAS	: Uno
IDENTIFICACION/MTRA	: S.I.
CANTIDAD RECIBIDA	: 409,8 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S)	: S.M.
FORMA DE PRESENTACION	: Envasado, la muestra ingresa en bolsa plástica sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS	: S/S N°EN-003444 -2021
REFERENCIA	: ACEPTACION TELEFONICA
FECHA DE RECEPCION	: 04/11/2021
ENSAYOS SOLICITADOS	: FÍSICO / QUÍMICO
PERIODO DE CUSTODIA	: No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
 ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1- % Kcal. procesamiento de Carbohidratos	78,0	---	---
2- % Kcal. procesamiento de Grasa	10,2	---	---
3- % Kcal. procesamiento de Proteinas	11,8	---	---
4- Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	316,4	---	---
5- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	61,7	---	---
6- Grasa (g/100 g de muestra original)	3,6	3,62	3,60
7- Humedad (g/100 g de muestra original)	23,7	23,73	23,63
8- Proteina (g/100 g de muestra original) (Factor 6,25)	9,3	9,30	9,30
9- Cenizas (g/100 g de muestra original)	1,7	1,76	1,62
10- Fibra Cruda (g/100 g de muestra original)	0,0	0,04	0,05

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1- Por Cálculo MS-INN Coliados 1993
- 2- Por Cálculo MS-INN Coliados 1993
- 3- Por Cálculo MS-INN Coliados 1993
- 4- Por Cálculo MS-INN Coliados 1993
- 5- Por Diferencia MS-INN Coliados 1993
- 6- NTP 206.017.1981 (Revisada al 2011)
- 7- NTP 206.011.2018
- 8- AGAC 950.35 Cap.32, Pág.70 21 at Edison 2019
- 9- NTP 206.007.1976 (Revisada al 2016)
- 10- NTP 205.003.1980 (Revisada al 2011)

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 05/11/2021 Al 15/11/2021.

ADVERTENCIA:

- 1- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3- Véase sólo para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4- Este documento al ser emitido sin el sello de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - INALM
 Mg. Quím. Ensa. Hubertina Parodieta
 Directora Técnica (M)
 C.G.P. Nº 470

La Molina, 15 de Noviembre de 2021

Av. La Molina 5/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Tel.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal