

**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”
HUÁNUCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EAP DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



INFORME DE TESIS

**“INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DE
HARINA DE TRIGO POR HARINA DE
YUCA EN LA ELABORACIÓN DEL PAN”**

**AUTORES: ESTHER GUILLERMO SANTILLAN
WILMER CONCEPCIÓN LÓPEZ SANCHEZ**

ASESOR: Dr. Ítalo Wile ALEJOS PATIÑO

HUÁNUCO- PERÚ

2016

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue estudiar el nivel de sustitución óptimo para la utilización de la harina de yuca en la elaboración del pan francés, lo que permitirá contribuir a fomentar la agroindustria de la yuca en la generación de productos con mayor valor agregado como lo es la harina de yuca para consumo humano. Se utilizó la yuca en tres niveles de sustitución (12%, 15% y 18%) respecto a la harina total en la elaboración del pan francés para determinar su influencia en el producto obtenido. La metodología seguida se basó en la revisión del conocimiento científico y tecnológico de la literatura técnica, contemplando desde la selección de la materia prima hasta la evaluación sensorial, confrontando experimentalmente la validez de los planteamientos teóricos por medio de los ensayos de panificación. La evaluación sensorial de los atributos color, sabor, textura y aceptabilidad nos permitió concluir que el pan de tipo francés elaborado con harina de trigo con sustitución parcial por harina de yuca presentó el mejor comportamiento con niveles de sustitución de 12% siendo sus características físicas químicas: humedad 22,40%; grasa 1,03%; cenizas 2,10%; carbohidratos 62,15%; fibra 1,40%. El tratamiento T1 (12% de harina de yuca) presentó las mejores características organolépticas y fisicoquímicas siendo mayor y diferente estadísticamente, por lo tanto, la sustitución del 12% de harina de yuca en la elaboración del pan francés es la óptima.

Palabras claves: Harina de yuca, sustitución, pan, evaluación sensorial.

SUMMARY

The objective of the research was to study the optimal substitution level for the use of cassava flour in French breadmaking, which will contribute to promote the cassava agroindustry in the generation of products with greater added value as it is Cassava flour for human consumption. Cassava was used in three substitution levels (12%, 15% and 18%) in relation to the total flour in the preparation of French bread to determine its influence on the product obtained. The methodology followed was based on the revision of the scientific and technological knowledge of the technical literature, from the selection of the raw material to the sensorial evaluation, experimentally confronting the validity of the theoretical approaches through the baking trials. The sensorial evaluation of the attributes color, taste, texture and acceptability allowed us to conclude that French type bread made with wheat flour with partial substitution for cassava flour presented the best performance with substitution levels of 12% being its physical chemical characteristics: Humidity 22.40%; Fat 1.03%; Ash 2.10%; Carbohydrate 62.15%; Fiber 1.40%. The treatment T1 (12% of cassava flour) presented the best organoleptic and physicochemical characteristics being statistically different and larger, therefore, the substitution of 12% of cassava flour in the French breadmaking is the optimum.

Key words: Cassava flour, substitution, bread, sensory evaluation.

INDICE

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
SUMARY	v
INDICE	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.2. HARINAS SUCEDÁNEAS O COMPUESTAS	26
2.3. GENERALIDADES DEL PAN	26
2.4. PROCESO DE PRODUCCION DEL PAN	41
2.5. ANTECEDENTES	53
2.6. HIPÓTESIS	54
2.7. VARIABLES	54
III. MATERIALES Y MÉTODOS	56
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	56
3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN	56
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	57
3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	57
3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS	58
3.6. MATERIALES Y EQUIPOS	59
3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	60
IV. RESULTADOS	66
V. DISCUSIÓN	81
VI. CONCLUSIONES	86
VII. RECOMENDACIONES	87

VIII. LITERATURA CITADA

88

ANEXOS

90

I. INTRODUCCIÓN

La Región Huánuco es uno de los importantes productores de yuca a nivel nacional, especialmente en la provincia de Leoncio Prado, con sobreproducción en ciertas temporadas en la cual se tiene que vender el producto por debajo de su costo de producción con la finalidad de evitar pérdidas o que el producto se deteriore.

Este problema entre otros obedece a la no industrialización de este producto, entendiéndose que su comercialización en estado natural no genera las utilidades esperados por los productores, ni tampoco es muy difundido en su consumo, así mismo el contenido de almidón a comparación de otros tubérculos es significativo y genera una harina con cualidades distintivas en comparación de otras harinas indispensable para la utilización en la panificación.

En nuestra región existe en la actualidad pequeñas y medianas empresas dedicadas a la panificación, quienes se encuentran agremiadas en torno a una asociación de productores panificadores de Huánuco, los cuales producen el pan básicamente con trigo importado y, salvo excepciones, no ven otras alternativas de diversificación de su producción por

desconocimiento o por falta de investigación en la utilización de otras harinas sucedáneas como son de la papa, maíz, yuca, etc.

Con dichos antecedentes, la investigación realizada ha permitido demostrar que la yuca constituye una variedad de harina para la elaboración de pan con las características sensoriales óptimas que pueda representar una alternativa de comercialización para los pequeños y medianos empresarios dedicados a la panificación en el departamento de Huánuco y/o cualquier región con similares características.

La existencia de ciertos antecedentes nos muestran referencias que en investigaciones realizadas se ha demostrado la factibilidad para elaborar pan de forma tradicional utilizando harina de yuca y la mayoría coinciden que el límite de sustitución superior es de un 15% a 20%. Para la presente investigación se evaluaron diferentes tratamientos para el procesamiento de la harina y se definieron las formulaciones para la elaboración de los panes sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de yuca. La parte experimental se realizó en la ciudad de Huánuco, siguiendo la misma tecnología para la elaboración de pan que siguen la mayoría de las panaderías, se incluyó la sustitución de la harina de trigo por la de yuca, realizando finalmente el análisis fisicoquímico y pruebas sensoriales de

aceptación de los panes obtenidos, entre otros. El objetivo general del proyecto fue determinar la proporción óptima de sustitución de harina de yuca para la obtención de pan francés, y como objetivos específicos determinar las características físicas químicas y evaluar la aceptabilidad de los panes obtenidos a partir de harina compuesta entre trigo - yuca.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1.1. Generalidades de la yuca.

Según Aldana (2001) menciona que la yuca es un cultivo perenne con alta producción de raíces preservantes, como fuente de carbohidratos y follajes para la elaboración de harinas con alto porcentaje de proteínas. Las características de este cultivo permiten su total utilización, el tallo (estacón) para su propagación vegetativa, sus hojas para producir harinas y las raíces preservantes para el consumo en fresco o la agroindustria o la exportación.

Nombre científico	:	Manihot esculenta Crantz.
Reino	:	Vegetal
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Tribu	:	Manihoteae
Género	:	Manihot
Especies	:	esculenta – utilíssima – aipi

2.1.1.1. Distribución y datos ecológicos

La yuca es un arbusto perenne de tamaño variable, que puede alcanzar los 3 m de altura. Se pueden agrupar los cultivares en función de su altura en: bajos (hasta 1,50 m), intermedios (1,50 - 2,50 m) y altos (más de 2,5 m).

Tallo: El tallo puede tener posición erecta, decumbente y acostada. Según la variedad, el tallo podrá tener ninguna, dos, o tres o más ramificaciones primarias, siendo el de tres ramificaciones el mayoritario en la yuca. Las variedades de ramificación alta, es decir, a más de 100 cm, facilitan las labores de escarda. El grosor del tallo se mide a 20 cm del suelo y puede ser delgado (menos de 2 cm de diámetro), intermedio (2-4 cm) y grueso (más de 4 cm). Al carácter del grosor del tallo se le ha asociado el alto rendimiento en raíces de reserva. Los entrenudos pueden ser cortos (hasta 8 cm), medios (8-20 cm) y largos (más de 20 cm).

Hojas: de forma palmipartida, con 5-7 lóbulos, que pueden tener forma aovada o linear. Son simples, alternas, con vida corta y una longitud de 15 cm aproximadamente. Los peciolos son largos y delgados, de 20-40 cm de longitud y de un color que varía entre el rojo y el verde. La epidermis superior es brillante con una cutícula

definida. Según la defoliación en la estación seca, las variedades de yuca se pueden retener algo de follaje, o gran parte de follaje (60% aproximadamente).

Flores: es una especie monoica por lo que la planta produce flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas se ubican en la parte baja de la planta, y son menores en número que las masculinas, que se encuentran en la parte superior de la inflorescencia. Las flores masculinas son más pequeñas.

Sistema radicular: Comprende la corteza externa, la corteza media y la corteza interna y el cilindro central, estela, pulpa o región vascular. La corteza externa llamada también súber o corcho, corresponde un 0,5 - 2,0% del total de la raíz. La industria del almidón prefiere aquellas variedades de adherencia débil. La corteza media está formada por felodermis sin esclerénquima. Posee un contenido en almidón bajo y en principios cianogénicos alto. Constituye un 9 - 15% del total de la raíz. La corteza interna está constituida por parte del parénquima de la corteza primaria, floema primario y secundario. Por último, el cilindro central está formado básicamente por el xilema secundario. La raíz reservante no tiene médula y pueden ser raíces de pulpa amarilla, crema y blanca. El rendimiento de raíces por planta

suele ser de 1 - 3 kg, pudiendo llegar en óptimas condiciones hasta 5 - 10 kg/planta.

Temperatura: Los rendimientos máximos se obtienen en un rango de temperatura entre 25 - 29° C, siempre que haya humedad disponible suficiente en el periodo de crecimiento. Aunque puede tolerar el rango 16 - 38° C. Por debajo de los 16° C el crecimiento se detiene. Por este motivo en los climas tropicales-húmedos se alcanzan altas productividades, mientras que en otras regiones subtropicales, al descender de los 16° C se paraliza el crecimiento. Conforme la temperatura disminuye el desarrollo del área foliar se hace más lento, y el tamaño de las hojas más pequeño.

2.1.1.2. Usos de la yuca

La yuca se utiliza en la alimentación humana y animal, en forma fresca y procesada. Seguidamente se presenta un listado de las posibles presentaciones en las que se puede transformar la yuca, información que sirve de base para la diversificación del procesamiento que hasta ahora se ha aplicado a este cultivo en nuestro país. Listado de productos derivados (Aldana, 2001).

- Raíces frescas para consumo humano
- Raíces frescas para consumo animal

- Productos deshidratados: Tradicionales, Hojuelas
- Harina: para alimento animal,
- para industrias alimentarias: Panaderías, bases para sopas.
- Bases de bebidas.
- Almidón: para consumo humano, para industria papelera, etc.
- Productos fermentados: raíces enteras almidón agrio
- Productos empacados al vacío: trozos semicocidos y esterilizados
- Productos derivados del proceso industrial: corteza, fibra.

2.1.1.3. Valor nutricional

A continuación se presenta en el Cuadro 01 el registro nutricional de la yuca.

Cuadro No. 1 - Valor nutricional de la yuca.

Composición nutritiva media (por 100 g de base seca)	
Valor energético (kcal)	132,0
Agua (%)	65,2
Proteína (%)	1,0
Grasa (%)	0,4
Carbohidratos totales (%)	32,8
Fibra (%)	1,0
Cenizas (%)	0,6
Calcio (mg)	40,0
Fósforo (mg)	34,0
Hierro (mg)	1,4
Tiamina (mg)	0,05
Riboflavina (mg)	0,04
Niacina (mg)	0,60
Ácido ascórbico (mg)	19,00
Porción no comestible (%)	32,00

Fuente: CHEFTEL (1976), ALDANA (2001)

2.1.1.4. Composición química de la yuca

El principal valor económico de la yuca se presenta en la raíces en el siguiente cuadro N° 03 presentamos las características químicas de la yuca los cuales han sido picadas, secadas y procesadas para producir harina seca. Esta diferencia entre el contenido de proteínas es lo que justifica que la harina de yuca para el procesamientos de harina balanceada y para el consumo humano.

Cuadro N° 02 Características químicas de la yuca

Componentes	CONTENIDOS PORCENTUALES	
	Raíz con Cascara	Raíz sin Cascara
Materia seca	100.00	100.00
Carbohidratos disponible	83.80	92.40
Proteína Cruda	3.05	1.56
Extracto Etérico	1.04	0.88
Cenizas	2.45	2.00
Fibra Detergente Acida	6.01	3.40
Fibra Detergente Acida	4.85	1.96
Hemicelulosa	1.16	1.45

Fuente: CHEFTEL (1976).

2.1.1.5. Industrialización de la yuca

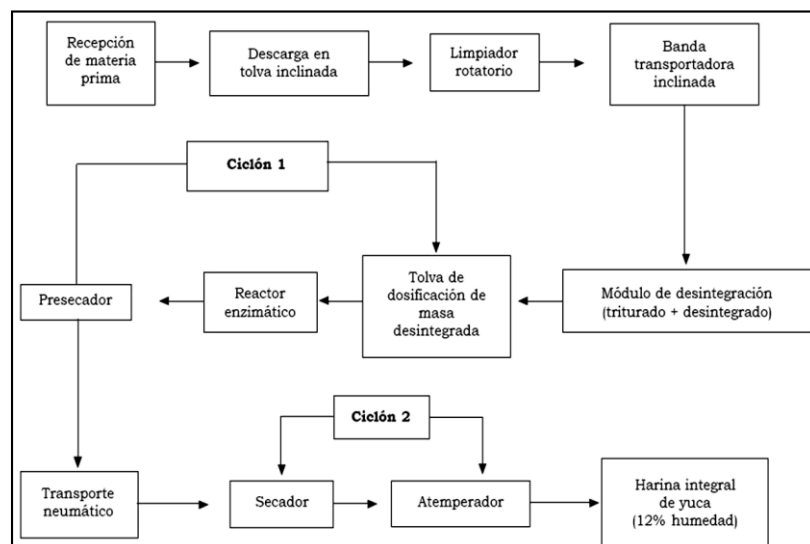
Uno de los factores que incide principalmente en la cadena agro productiva de yuca es la falta de información sobre el cultivo, alternativas de transformación agroindustrial, el proceso de diversificación de la

comercialización en base a la calidad del producto; con la finalidad de desarrollar ventanas de comercialización de producto fresco para exportación, mercado nacional mayorista, detallista, selectivo, productos con valor agregado para alimentación humana y animal, entre otros. Las raíces como las hojas de la yuca son adecuadas para el consumo humano. Las primeras son una fuente importante de carbohidratos y la segunda de proteínas, minerales y vitaminas, particularmente carotenos y vitamina C (CIAT, 2004).

La yuca puede consumirse como harinas, la que se prepara moliendo las raíces peladas, cortada en trozos pequeños; después el material resultante se seca y muele hasta formar la harina para la elaboración de harina de yuca de manera industrial se puede realizar el siguiente proceso (CIAT, 2004).

(3) CIAT, 2004 Centro Internacional de Agricultura Tropical, boletín informativo trimestral tomo 22 sobre la yuca y sus bondades.

Diagrama 01. Diagrama de flujo de elaboración de harina a nivel industrial.



En la elaboración de manera artesanal de harina de yuca, el proceso es más sencillo, ya que se realiza el secado solar, para reducir los costos de producción; aunque su limitante es la época de precipitaciones que afecta las posibilidades de secado natural.

A continuación se detalla el sistema de elaboración de harina de yuca a pequeña escala.

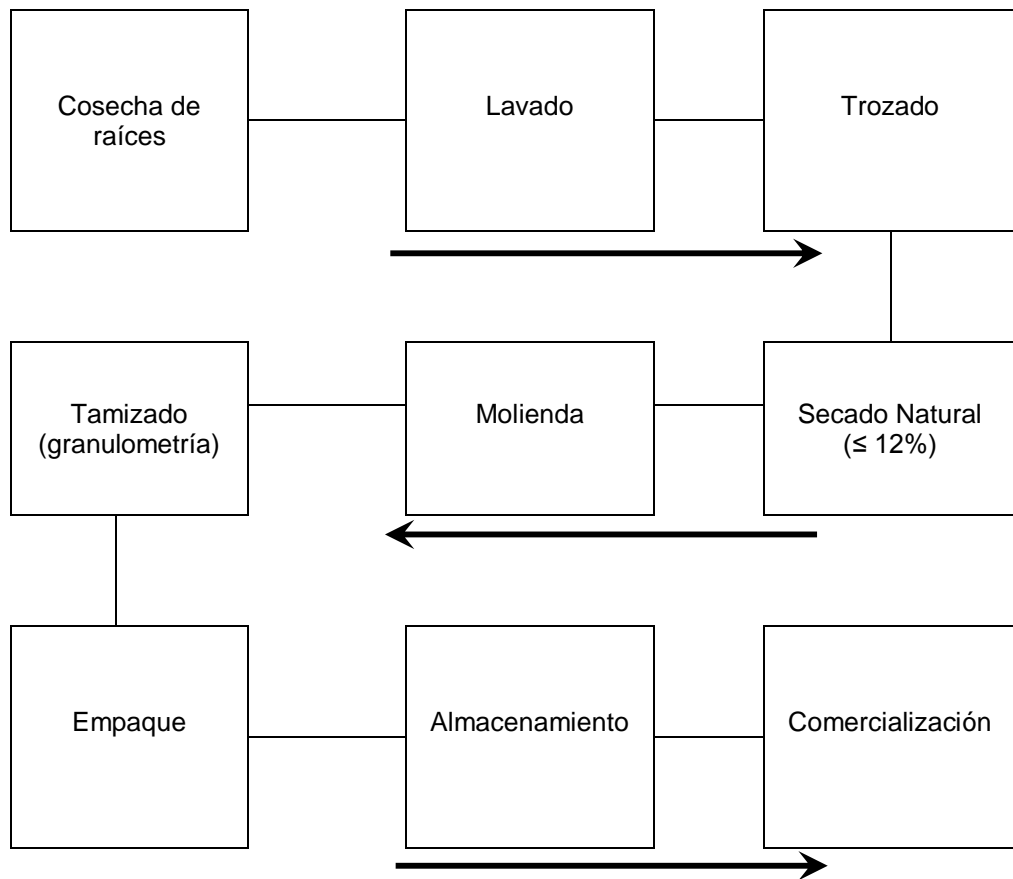


Diagrama 02. Diagrama de operaciones de elaboración de harina de yuca a pequeña escala

La eficiencia de la producción depende de la calidad del sistema de molienda utilizado, ya que se recomienda una harina con granulometría menor a 100 micras.

Gallego, (2007)(4) menciona que la yuca puede convertirse en una harina de alta calidad para utilizarse como sustituto de la harina de trigo, maíz y arroz entre otros. En formulaciones de alimentos tales como pan, pasta, mezclas, etc. como lo muestra el Cuadro 3. También se puede utilizar la yuca para la producción como espesante y extensor de sopas deshidratadas, condimentos, papilla para bebé y dulces.

Cuadro 03: Alimentos en que se puede utilizar la harina de yuca como sustituto de otros productos.

Alimento	Materia Prima substituida	Nivel de substitución (%)	Ventajas de harina de yuca
Galletas	Harina de trigo	10	Mayor crocancia
Carnes	Harina de trigo	100	Mejor absorción de agua
Procesadas	Almidón agrio de yuca		Menor costo
Pan		3 – 20	Mejor sabor
Condimentos	Harina de trigo	50 – 100	Menor costo
	Harina de maíz		
Pastas de bajo costo	Harina de arroz	20 – 35	Menor costo
	Harina de maíz		
Dulce de leche y frutas	Harina de arroz	50 – 100	Más brillante
	Almidón de maíz		Mejor sabor

FUENTE: CIAT (2004).

Benítez et al, (2006); durante la elaboración de panes la harina de trigo se mezcla con agua formando una masa con características especiales; estas permiten que la masa aumente de volumen por la

acción de los gases producidos por el proceso de fermentación (adición de levadura) manteniendo su contextura elástica, debido a las características propias del gluten contenido en la harina de trigo; produciendo las características de la estructura porosa del pan.

Al adicionar una harina con características diferentes al trigo se esperan cambios en el comportamiento de la masa producida ya que la cantidad de gluten presente se reduce, y se aumenta la concentración de almidón; dependiendo de la cantidad de sustitución de harina de trigo se puede afectar la calidad, presentando cambios en las características principales de la masa como absorción de agua, mezclado, textura, fermentación, volumen y calidad del pan.

2.1.2. Generalidades del trigo.

Sanint (1981), menciona que el trigo (*Triticum spp*) es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*; son plantas anuales de la familia de las gramíneas, ampliamente cultivadas en todo el mundo. La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales. El trigo (de color amarillo) es uno de los tres granos más ampliamente producidos

globalmente, junto al maíz y el arroz, y el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios.

Cuadro 4: Composición nutricional del trigo por cada 100 gr

Agua	12.76g
Energía	329 kcal
Grasa	1.92g
Proteína	5.40g
Carbohidratos	68.03g
Fibra	12.2g
Potasio	340mg
Fósforo	332mg
Hierro	3.60mg
Sodio	2mg
Magnesio	124mg
Calcio	25mg
Zinc	2.76mg
Manganeso	4.05mg
Vitamina c	0mg
Vitamina a	0 UI
Vitamina b1(tianina)	0.504mg
Vitamina b2(riboflavina)	0.110mg
Vitamina b3(niacina)	5.710mg
Vitamina b6(piridoxina)	0.336mg
Vitamina e	1440mg
Acido fólico	43mcg

Fuente: Fernández (1992)

2.1.2.1. Clasificación según la dureza del endospermo

Cheftel (1989), asume que la dureza y blandura son características de molinería, relacionadas con la manera de fragmentarse el endospermo en los trigos duros, la fractura tiende a producirse siguiendo las líneas que limitan las células, mientras que el endospermo de los trigos blandos se fragmenta de forma imprevista, al azar. Este fenómeno sugiere áreas de resistencias y debilidades mecánicas en el trigo duro, y debilidad bastante uniforme en el trigo blando. Un punto de vista es que la «dureza» está relacionada con el grado de adhesión entre el almidón y la proteína. Otra forma de enfocarlo es, que la dureza depende del grado de continuidad de la matriz proteica. La dureza afecta a la facilidad con que se desprende el salvado del endospermo. En el trigo duro, las células del endospermo se separan con más limpieza y tienden a permanecer intactas, mientras que en el trigo blando, las células tienden a fragmentarse, desprendiéndose mientras que otra parte queda unida al salvado.

- Trigos duros.

Fernández (1992), menciona que los trigos duros producen harina gruesa, arenosa, fluida y fácil de cernir, compuesta por

partículas de forma regular, muchas de las cuales son células completas de endospermo.

- **Trigos blandos.**

Fernández (1992), indica que los trigos blandos producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo (incluyendo una proporción de fragmentos celulares muy pequeños y granos sueltos de almidón) y algunas partículas aplastadas que se adhieren entre sí, se cierne con dificultad y tiende a obturar las aberturas de los cedazos. La lesión que se produce en los granos de almidón al moler el trigo duro, es mayor que en el trigo blando. Según Berg (1947), la dureza es una característica que se transmite en los cruzamientos y se hereda siguiendo las leyes de Mendel. El endospermo del trigo duro puede tener el aspecto pétreo o harinoso, pero la fragmentación siempre es la típica del trigo duro.

2.1.2.2. Clasificación según su fuerza.

- **Trigos fuertes.**

Acuña (1974), indica que trigos que tienen la facultad de producir harina para panificación con piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general alto contenido de proteína. La harina de trigo fuerte admite una proporción de harina floja, así la pieza

mantiene su gran volumen y buena estructura de la miga aunque lleve cierta proporción de harina floja; también es capaz de absorber y retener una gran cantidad de agua.

- **Trigos flojos.**

Acuña (1974), dice que los trigos que dan harina con la que solamente se pueden conseguir pequeños panes con miga gruesa y abierta y que se caracterizan por su bajo contenido en proteína. La harina de trigo flojo es ideal para galletas y pastelería, aunque es inadecuada para panificación a menos que se mezcle con harina más fuerte.

Cuadro 4. Clasificación de los trigos con base en la funcionalidad del gluten

Grupo	Denominación	Características
I	Fuerte	Gluten fuerte y elástico apto para la industria mecanizada de panificación. Usados para mejorar la calidad de trigos débiles.
II	Medio-Fuerte	Gluten medio-fuerte apto para la industria artesana de panificación.
III	Suave	Gluten débil o suave pero extensible apto para la industria galletera. Usado para mejorar las propiedades de trigos tenaces.
IV	Tenaz	Gluten corto o poco extensible pero tenaz, apto para la industria pastelera y galletera
V	Cristalino	Gluten corto y tenaz, apto para la industria de pastas y sopas.

Fuente: Fernández (1992)

2.1.2.3. Composición química del trigo.

Cheftel (1989), menciona que el grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: Albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas), lípidos (ac. Grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oléico, linoléico, linoléico), sustancias minerales (K, P, S, Cl) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas (B-amilasa, celulasa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos. Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas. Aproximadamente la mitad de los lípidos totales se encuentran en el endospermo, la quinta parte en el germen y el resto en el salvado, pero la aleurona es más rica que el pericarpio y testa. Más de la mitad de las sustancias minerales totales están presentes en el pericarpio, testa y aleurona. En la siguiente figura podemos observar el porcentaje de estos nutrimentos en su forma natural.

Cuadro 5. Composición química del trigo.

Composición	Proporción (%)
Humedad	10
Proteínas	14
Lípidos	2
Minerales	2.1

Fuente: Cheftel (1989)

- **Hidratos de carbono.**

León (1982), manifiesta que el almidón es el hidrato de carbono más importante de todos los cereales, constituyendo aproximadamente el 64 % de la materia seca del grano completo de trigo y un 70 % de su endospermo. Forma 70% del grano de trigo en forma natural. Los hidratos de carbono presentes en los cereales incluye al almidón (que predomina), celulosa, hemicelulosas, pentosanos, dextrinas y azúcares. El almidón está formado por dos componentes principales:

- **Amilosa (25 –27%).** Un polímero esencialmente lineal de alfa-(1 - 4) glucosa
- **Amilopectina.** Una estructura ramificada al azar por cadenas alfa-(1 – 4) glucosa unidas por ramificaciones alfa-(1 - 6)

El almidón es insoluble en agua fría. Cuando se calienta con agua, la absorbe, se hincha y revienta; este fenómeno se llama gelificación. Durante la molturación se puede lesionar mecánicamente a los granos de almidón, el almidón alterado juega un papel importante en el proceso de cocción.

- **La fibra.**

Acuña (1974), señala que un carbohidrato del tipo polisacárido que no se digiere por carencia de enzimas en el cuerpo humano y se divide para su análisis en dos partes:

- **La fibra cruda**, que se evalúa como la porción de los hidratos de carbono (más lignina) insoluble en ácidos diluidos y en álcalis bajo determinadas condiciones.
- **La fibra no digerible**, que es la parte del producto que queda sin digerir en el tubo digestivo, comprende: celulosa, polisacáridos no celulosos (gomas, mucílagos, sustancias pécticas, hemicelulosas) y también lignina, un polímero aromático no hidrocarbonatado. La cifra de fibra no digerible es siempre mayor que la de fibra cruda, ya que una parte de los componentes de la fibra no digerible se degrada durante la valoración de la fibra cruda; sin embargo, la relación es constante.

- **Proteínas.**

León (1982), señala que en su estructura primaria, las moléculas de proteína están formadas por cadenas de aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos entre el grupo carboxilo (COOH) de un aminoácido y el grupo amino. En las proteínas de los cereales se encuentran unos 18 aminoácidos diferentes. Las

proporciones en que se encuentran y su orden en las cadenas, determinan las propiedades de cada proteína. Los alimentos preparados con trigo son fuentes de proteínas incompletas. Esto significa que pudiera contener los 8 aminoácidos esenciales pero no todos ellos en niveles adecuados, así que la combinación del trigo con otros alimentos proporcionaría de ser correcta, una proteína completa. Sin embargo si se compara con otros cereales como el arroz y el maíz llegaríamos a la conclusión de que tiene más proteínas. La porción proteica del grano de trigo está localizada en el endospermo, embrión y escutelo en mayor abundancia.

Cuadro 6. Distribución de las proteínas del trigo.

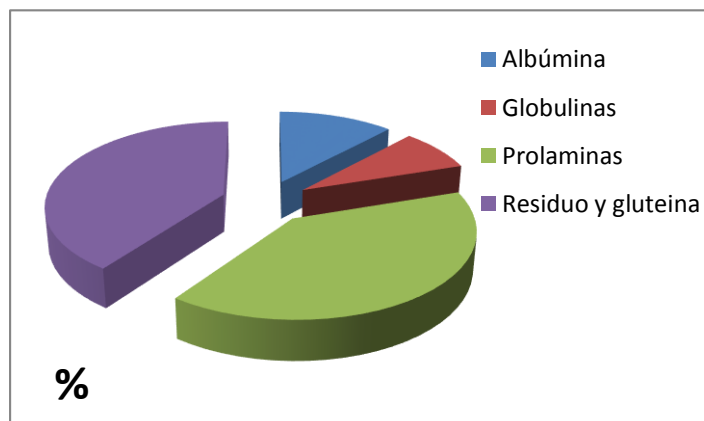
Parte del grano	Proporción de Semilla mg	Contenido proteico (NX6.25)	Proporción de proteína en la semilla mg
Pericarpio	8	4.4	4
Aleurona	7	19.7	15.5
Endospermo	82.5	28.7	72.5
Externo	12.5	13.7	19.4
Medio	12.5	8.8	12.4
Interno	57.5	6.2	40.7
Embrión	1	33.3	3.5
Escutelo	1.5	26.7	4.5

Fuente: Calvel (2004)

Tipos de proteínas.

Calvel (2004), clasificó las proteínas del trigo en 4 categorías, atendiendo a sus características de solubilidad. Se puede hacer una clasificación semejante de las proteínas de todos los cereales. En la siguiente figura aparece el porcentaje de las 4 categorías de proteínas contenidas en el grano de trigo duro.

Figura 1. Porcentaje de proteínas en el grano de trigo



Fuente: Calvel (2004).

- Lípidos.

León (1982), asume que el trigo está constituido de un 2 a un 23% de lípidos, el lípido predominante es el linoléico, el cual es esencial, seguido del oléico y del palmítico. La porción lipídica se encuentran de manera más abundante en el germen de trigo.

Cuadro 7. Ácidos grasos en grano de trigo.

Acido graso	Proporción (%)
Linoléico	56
Oléico	14
Palmitico	22
Otros	4

Fuente: León (1982)

- **Minerales.**

Cuadro 8. Minerales en el grano de trigo.

Minerales	Proporción (%)
K	80
P	68
S	39
Cl	26
Ca	20
Si	6

Fuente: Fernández (1992)

Fernández (1992), afirma el trigo cuenta entre sus componentes con diversos minerales, la mayoría en proporciones no representativas, pero cabe mencionar el contenido de potasio (K), así como de magnesio (Mg), fósforo (P) y azufre (S).

- **Vitaminas.**

Entre los componentes del trigo se encuentran también las vitaminas, principalmente las del complejo B. vitaminas que aporta el grano de trigo de la variedad duro en Ug/g.

Cuadro 9. Vitaminas en el grano de trigo.

Vitaminas	Proporción (Ug/g)
Tiamina	4.3
Rivoflavina	1.3
Niacina	54
Ac. Pantoténico	10
Biotina	0.1
Piridoxina	4.5
Ac. Fólico	0.5
Colina	1100
Inositol	2800
Ac. P amino benzónico	2.4

Fuente: Fernández (1992)

2.1.2.4. Harina de trigo.

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína – gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente. Esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano

ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (levado con levadura, leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen. El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina. El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas. La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. Especial influencia sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten tiene el tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción. A las harinas que contienen menos proteína – gluten se las llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten húmedo es superior al 30 %. Harinas ricas en gluten se prefieren para masas de levadura, especialmente las utilizadas en la elaboración de masas para hojaldre. Para masas secas, en cambio, es inconveniente un gluten tenaz y formador de masa. La harina de centeno contiene también proteínas formadoras del gluten, gliadina y glutenina, pero en cantidades menores y con otras propiedades. De las masas de centeno no se puede lavar gluten. La harina de centeno obtiene

recián su capacidad para panificar por la acidificación de la masa (elaboración de pan). En repostería se las utiliza poco.

Cuadro 10. Composición harina de trigo.

Componentes	Proporción (%)
Glúcidos	74 - 76
Prótidos	9 - 11
Lípidos	1 - 2
Agua	11 - 14
Minerales	1 - 2

Fuente: Fernández (1992)

2.2. HARINAS SUCEDANEAS O COMPUESTAS

Aquel alimento destinado a parecerse a un alimento usual, por su textura, aroma, sabor u olor, y que se utiliza como un sustituto completo o parcial del alimento al que se parece. Ejemplo: harina de maíz, sucedáneos de la harina de trigo, Fernández (1992).

2.3. GENERALIDADES DEL PAN.

Acuña (1974), asume que el pan ha sido un alimento básico en la dieta del ser humano desde tiempos remotos. Casi todas las personas, independientemente de su edad o condición social,

consumen pan de uno u otro tipo. Dada su composición y características, y debido a su proceso de fabricación, no es un producto que dé lugar a muchas toxiinfecciones alimentarias; pero, debido a su extendido consumo, es importante controlar todos los riesgos asociados a su paso a lo largo de la cadena alimentaria. Sin embargo, los productos de pastelería, al incorporar ingredientes de mayor riesgo e implicar un mayor grado de elaboración, son alimentos más peligrosos en relación con la transmisión de enfermedades alimentarias.

2.3.1. Tipos de Pan.

- Pan francés.

León (1982) dice es el pan común de mesa esponjado y sin grasa. Jensen (1998), indica que el pan es un producto horneado que contiene levadura y se elabora a base de harina de trigo, agua, manteca, azúcar, sal y saborizantes. Para que el pan sea de buena calidad debe alcanzar suficiente volumen, aspecto atractivo, tanto en forma como en color y una miga fina y suficientemente suave para permitir una fácil masticación, pero al mismo tiempo, suficientemente firme para que se le pueda cortar en rebanadas. Calvel (2004), asume el pan es un producto

horneado que contiene levadura y se elabora a base de harina de trigo, manteca, azúcar, sal y saborizantes. Posee corteza dorada que puede ser suave o crujiente y miga blanca en forma de panal. En algunas industrias y a nivel casero las migas de pan se usan como ingrediente y como aglutinante.

2.3.2. Componentes del pan.

- Harina.

Jensen (1998), indica que la harina es el principal ingrediente del pan, consta básicamente de un cereal (o una mezcla de ellos) que ha sido molido finamente hasta llegar a una textura en forma de polvo (por regla general es sólo el endosperma del cereal). Dependiendo del uso final que se quiera dar a la harina: pastas, panadería, repostería, se suele moler con mayor o menor intensidad hasta lograr un polvo de una fineza extrema. Se suele comercializar en paquetes que rondan el kilogramo, el embalaje se suele presentar en papel o cartón. Las harinas comercializadas en la actualidad suelen llevar una mezcla de diversos tipos de cereal molidos, y por regla general suelen estar enriquecidas. Para comprender el proceso de panificación

conviene entender la harina como un conjunto de dos substancias:

- **Gluten** - Corresponden al conjunto de proteínas insolubles en agua procedentes de los cereales molidos, son las responsables de proporcionar a la masa un aspecto compacto similar al del chicle. El gluten es también el responsable de atrapar el dióxido de carbono liberado durante la fermentación y provocar el 'hinchamiento' de la masa. Cuando estas proteínas se encuentran en un medio seco son inertes, pero en medios acuosos las cadenas de aminoácidos empiezan a alinearse formando redes de proteínas que son las que dan la textura final a la masa. El gluten se compone principalmente de glutenina (proporciona resistencia y fortaleza) y la gliadina (es la que proporciona la cualidad pegajosa a la masa). El gluten por sí mismo no aporta aroma al pan. El contenido de gluten en una harina, por sí solo, no es definidor de la calidad de una harina, dos harinas con el mismo contenido de gluten se comportan de formas muy diferentes.
- **Almidón** - El almidón representa aproximadamente el 70% de peso de la harina y posee como funcionalidad la energía que necesitará la futura planta para poder crecer. El almidón se

presenta en forma de gránulos que poseen dos moléculas de almidón distintas: la amilosa y la amilopectina. Estas dos moléculas se organizan en los gránulos con una estructura cuasi-cristalina que absorbe poca agua. Los almidones cumplen la misión de repartir la humedad de forma homogénea durante el amasado y de proporcionar una estructura semi-sólida a la masa. La harina junto con los lípidos existentes en los granos son los que proporcionan los olores característicos del pan.

Calvel (2004), señala que el porcentaje de gluten define a veces los tipos de harina: por ejemplo las harinas de fuerza son aquellas que poseen un alto contenido de gluten (puede superar el 11% de peso total), es por esta razón que un alto contenido de gluten hace que el amasado requiera más fuerza ya que la masa de estas harinas es más resistente al estirado manual. Al contrario, las harinas débiles son aquellas con un contenido bajo en gluten que proporcionan masas más fáciles de manipular. Algunas variedades de cereales contienen más gluten que otras, por ejemplo: la harina de trigo es rica en gluten y por ello importante para crear una textura esponjosa, por el contrario las harinas de cebada o de avena poseen menos gluten y menos

capacidad de retener el CO₂ (resultando masas menos esponjosas). Es corriente también encontrar mezclas de harinas de trigo con otros cereales pobres de gluten, incluso es habitual que se mezclen harinas de trigo de diferentes procedencias, y riqueza en gluten, para obtener harinas muy ricas destinadas a panes específicos. Existen clasificaciones de harina especiales que contienen indicaciones de la pureza y de la cantidad de endosperma, así como el contenido en cenizas. Las clasificaciones más reconocidas internacionalmente son la francesa y la estadounidense. La harina posee también otras sustancias (en un porcentaje en peso inferior al 1%), como puede ser una proporción diminuta de lípidos, su misión es la favorecer las uniones de las proteínas del gluten (gliadina y glutenina), contiene otros hidratos de carbono (aparte del almidón) y algunas enzimas: las amilasas, proteasas (actúan sobre las proteínas del gluten, transformándolas en cadenas más cortas, la sal inhibe la acción de esta enzima) y las lipasas.

- **Agua.**

Fernández (1992), dice el agua es uno de los ingredientes indispensables en la elaboración del pan, su misión: activar los mecanismos de formación de la masa. El agua tiene como misión activar las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable. Posee además la

capacidad disolvente acuoso de las sustancias añadidas a la masa, siendo además necesaria para la marcha de la fermentación. La composición química del agua empleada afecta a las cualidades del pan. La proporción de agua empleada en la elaboración de la masa influencia la consistencia final. Suele aplicarse agua de tal forma que suponga un 43% del volumen total de la masa (o lo que es lo mismo un 66.6% del peso de la harina, o la harina es 1 y 1/2 veces el peso de agua) Si se pone un contenido acuoso inferior al 43% la masa es menos extensible y más densa. No obstante la cantidad de agua que puede absorber una harina depende del tipo de cereal empleado en su elaboración y de la composición de proteínas (por ejemplo las harinas de alto contenido proteico absorben más agua). No obstante el tipo de pan puede influenciar también la proporción final de agua en la masa y puede acabar siendo un tema de preferencia del propio panadero que elabora el pan. Los panaderos usan un sistema de porcentajes denominado tasa de hidratación, también conocido como "porcentaje de panadero"; en la que el peso de la harina representa un porcentaje de 100, el resto de los ingredientes se miden como porcentajes sobre la harina. El agua puede representar desde un cincuenta por ciento en panes ligeros, hasta un setenta por ciento en panes más

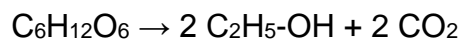
artesanos. Algunos panaderos pueden llegar al ochenta por ciento de agua. La calidad y composición de las aguas influyen en la formación de la masa, por ejemplo se sabe que las aguas con un carácter ácido endurecen la red de gluten, mientras que las alcalinas suavizan la masa. Esta es la razón por la que a veces se emplean aguas minerales o filtradas en la elaboración de la masa para evitar que estas variables afecten negativamente a la masa final; matando, o inhibiendo, por ejemplo las levaduras. Las aguas fluoradas pueden llegar a detener la fermentación. El medio líquido de la mezcla puede también contener otras sustancias líquidas con una función similar a la del agua, como puede ser la leche, el suero de mantequilla, bebidas alcohólicas como puede ser el vino o la cerveza o whisky de malta e incluso mezclas avinagradas diversas. Algunas investigaciones muestran que el proceso de hidratación de la masa tras su mezcla con el agua puede llevar entre 10-20 minutos, tiempo que es necesario para reposar la masa y dejar que se 'impregne' por completo. Conviene retrasar la adicción de levadura hasta que la masa se haya hidratado bien, tras este periodo de 'reposo'. La dureza del agua puede influir en la elaboración del pan debido a que poseen sales minerales que favorecen la fermentación con las levaduras, por

regla general las aguas de dureza media son preferibles para la elaboración del pan. Si es el agua dura la masa tendrá dificultad para llegar a su punto de resistencia.

- **Levadura.**

León (1982), indica que la levadura es un conjunto de microorganismos unicelulares que tienen por objeto alimentarse del almidón y de los azúcares existentes en la harina. Las levaduras forman parte de la familia de los hongos. Este proceso metabólico da lugar a la fermentación alcohólica cuyo resultado es etanol (cuya fórmula química es: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$), dióxido de carbono (CO_2) en forma de gas. El gas liberado hace que la masa del pan se hinche, aumentando de volumen. El alcohol etílico se evapora durante el horneado del pan, debido a las temperaturas alcanzadas en su interior. A pesar de haber empleado las levaduras en la fermentación del pan desde hace ya casi más de 6000 años, fueron tan solo comprendidas hasta el advenimiento de las investigaciones realizadas por Louis Pasteur que dieron luz a la explicación científica de la fermentación como un proceso biológico. La clave del empleo de las levaduras es la generación gaseosa que hincha la masa mezcla de harina y agua. Se sabe que el proceso de fermentación es altamente dependiente de la temperatura y que

se produce a su máxima velocidad a los 35°C. Las levaduras se incorporan durante las primeras etapas de mezcla entre la harina y el agua. Hoy en día se conocen casi más de 100 especies diferentes denominadas como levaduras; algunas de ellas son responsables de causar infecciones, otras levaduras contribuyen a la degeneración y putrefacción de los alimentos. De todas ellas, una especie en particular es la responsable de causar la fermentación del pan, se trata de la *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura es igualmente la causante de la fermentación del vino y de la cerveza. El metabolismo de la levadura puede expresarse en forma de reacción química sencilla de la siguiente forma:



Lo que significa: una molécula de glucosa (que puede ser el almidón de la harina) mediante la acción del metabolismo de las levaduras acaba en dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono (gas). El gas queda atrapado en la red de la gluteína y aumenta el volumen de la masa (disminuyendo su densidad). Bajo la denominación de levaduras podemos encontrarnos tres tipos (siempre del tipo *s. cerevisiae*) en los establecimientos:

- Levadura seca: se obtiene de los tanques de fermentación y posteriormente se desecan para detener los procesos metabólicos de las levaduras. Las levaduras secas se reactivan cuando son introducidas en un medio acuoso templado (25 °C-30 °C) de nuevo antes de ser mezcladas en la masa, en este caso se denominan levaduras activas. Existen levaduras denominadas como instantáneas que no necesitan ser prehidratadas y que se mezclan con la harina y el agua al mismo tiempo, por regla general proporcionan dióxido de carbono de forma más vigorosa que las levaduras activas. Los panaderos profesionales emplean cada vez más este tipo de levaduras secas instantáneas debido a la conveniencia en la rapidez de su trabajo así como su larga vida media.
- Levadura fresca: obtenida inmediatamente de una fermentación y posteriormente refrigerada en forma de cubos (de 50 g aproximadamente) con textura de pasta comprimida que poseen una vida útil de escasas semanas. Los elaboradores de pan suelen preferir este tipo de levadura, el problema es que posee una vida media inferior a otras levaduras. La levadura fresca es similar a la levadura seca la única consideración es que debe emplearse el doble; por

ejemplo, si una receta de pan indica 25 gramos de levadura seca en ese caso se empleará el doble de levadura fresca (es decir 50 g).

- Levadura química: se trata de compuestos químicos capaces de generar gases (generalmente dióxido de carbono), tal y como lo haría una levadura. En algunos casos el componente alcalino denominado bicarbonato de sodio (NaHCO_3 , denominado en inglés como: baking soda) mezclado con un medio ácido como puede ser zumo de limón, o de frutas, chocolate, etcétera.
- Levaduras naturales: son aquellas presentes en el propio cereal, en la atmósfera, etcétera. Estas levaduras se caracterizan por un lento proceso de fermentación (proporcionan menos dióxido de carbono), pero proporcionan un 'sabor clásico' al pan realizado con ellas.

Calvel (2004), señala la cantidad de levadura que emplea el panadero puede variar dependiendo del tipo de masa que se quiera elaborar y puede oscilar entre el 0,5 - 4% del peso de la harina (en el caso de levaduras secas se divide entre dos la cantidad total empleada). A veces se suele incluir pre fermentadores (en inglés se denomina poolish) a la harina con el objeto de mejorar los efectos de las levaduras en la harinas y

para ello se emplean diversos métodos como puede ser el fermento de masa ácida que se trata de un cultivo de las levaduras existentes en el aire para que se cultiven en la harina y acaben formando un fermento (denominado a veces también como masa madre), la formación de este fermento genera dióxido de carbono (CO_2) y ácido láctico ($\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$). Las especies de levaduras empleadas en este tipo de levaduras madre es el *Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii*, *L. sanfrancisco*. Tradicionalmente las levaduras se incorporaban a la masa utilizando los restos de la masa del pan elaborado durante el día anterior, en lo que se denominaba masa madre. Otra pre fermentación popular en el área mediterránea suelen ser el biga italiano.

- **Sal.**

León (1982), señala la sal es un ingrediente opcional en algunos panes, la misión de la sal es por una parte la de reforzar los sabores y aromas del propio pan, y por otra parte afectar a la textura final de la masa (pueden alcanzar hasta un 2% del peso total de la harina). Los panes tradicionales no suelen llevar sal, sin embargo algunas masas como los croissant, o los brioche, poseen grandes cantidades (por encima del 3%) con el objeto de reforzar y balancear el sabor de la mantequilla. Se suelen emplear en la elaboración de panes sales marinas a ser posible

con poco grado de refinamiento y que se mezclan en las primeras fases de amasamiento de la harina. Sea como sea, la mayoría de las recetas que añaden la sal hablan del empleo de sales no-refinadas, como pueden ser la sal negra, la sal ahumada, etcétera. La sal contribuye de una forma indirecta a la formación del color marrón de la corteza del pan, debido a que retarda la fermentación y esto genera un "exceso" de azúcares que favorecen durante el horneado la formación de estos colores dorados de la corteza. La sal tiene además un ligero efecto fungicida, su presencia en el pan permite alargar su vida comestible. En algunos casos, se aconseja añadir la sal tras el completo fermentado del pan para evitar la muerte o inhibición de las levaduras (proceso conocido como autólisis). En el método de autólisis la sal y la levadura se añaden tras un reposo de 10-20 minutos. Algunos autores opinan que la sal retrasa el efecto de la levadura, prolongando de esta forma la fermentación (las levaduras buscan los azúcares de la harina y la sal hace más difícil el trabajo fermentativo). La sal se emplea a veces como un elemento decorativo y suele ubicarse en forma de gruesos granos en la superficie de la corteza: como es en el caso de los Pretzel. El consumo de sal que va unido al riesgo de padecer Hipertensión arterial, ha llevado a las autoridades

sanitarias de España y de otros países europeos como Reino Unido, Francia y Alemania a establecer acuerdos con distintas asociaciones de fabricantes de pan, para limitar el contenido de sal en el pan. De esta manera, en los últimos cuatro años, en España, el contenido de sal se ha reducido desde los 22 gramos por kilo de harina que tenía en 2005 hasta 16,3 que tiene en el 2009, lo que significa un descenso del 26,4%.

- **Azúcar.**

León (1982), dice la más utilizada es la sacarosa que a encontramos en la caña de azúcar. Hay varios tipos de refinamiento y de estos refinamientos salen diferentes azúcares como granulada, impalpable, molida, negra, rubia, etc.

- **Grasa.**

Acuña (1974) indica que se pueden usar varios tipos como: aceite, mantequilla, margarina, grasas, huevos y leche (descremada, en polvo, pasteurizada, etc.).

- **Mejorantes.**

Acuña (1974), clasifica a los mejorantes como:

- Bromato de potasio: Sal oxidada que estabiliza el gluten y hace que las masas sean más elásticas.

- Mejoradores sin Bromato: Reemplazan el Bromato y son hechos a base de una combinación de enzimas y emulsionantes.
- Extracto de Malta: Jarabe espeso que es obtenido gracias a la maceración de cebada, este ayuda a hacer la fermentación más rápida.

2.4. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL PAN.

Calvel (2004), señala que la elaboración del pan es un conjunto de varios procesos en cadena. Comienza con los ingredientes en sus proporciones justas y las herramientas para su elaboración dispuestas para realizar las operaciones (mise en place), y acaba con el pan listo para ser servido. Dependiendo de los panaderos se añaden más o menos procesos a la elaboración:

- Pesado.

León (1982), asume se realiza el pesado de la materia prima e insumo de acuerdo a la cantidad (orden de producción) y la formación de cada tipo de pan. Calaveras (1996), manifiesta que ya es una norma en todas las panaderías el realizar un pesaje de todas las materias primas para garantizar una regularidad en la masa.

- **Mezclado.**

Acuña (1974), indica se mezclan la sal y la harina en un recipiente. La levadura se mezcla con agua tibia y un poco de azúcar. La mezcla de levadura se echa a la mezcla de harina. Dependiendo de la receta se le agregan más ingredientes. La formación de la masa se compone de dos subprocesos: la mezcla y el trabajado (amasado). La masa comienza a formarse justo en el instante cuando se produce mezcla de la harina con el agua. En este momento el medio acuoso permite que aparezcan algunas reacciones químicas que transforman la mezcla en una masa casi 'fibrosa', esto es debido a las proteínas de la harina (gluten) que empiezan a alinearse en cientos de cadenas. Al realizarse la mezcla entre la harina y el agua, formándose la primera masa antes de ser trabajada; algunos panaderos opinan que es mejor dejar reposar aproximadamente durante 20 minutos con el objeto de permitir que la mezcla se haga homogénea y se hidrate por completo (permite actuar a las moléculas de glutenina y de gliadina en la harina). La elaboración de la masa se puede hacer a mano o mediante el empleo de un mezclador o incluso de un robot de cocina (estos últimos tienen la ventaja de exponer la masa durante poco

tiempo al oxígeno de la atmósfera). Algunos panaderos mencionan la posibilidad de airear la harina antes de ser mezclada para que pueda favorecer la acción del amasado.¹⁷ Durante la fase de mezclas algunas enzimas (lipooxigenasa y polifenol oxidasa) actúan en la destrucción de los carotenoides. Al acto de trabajar la masa se denomina amasar. En otros idiomas este verbo es más específico de la masa de harina, como puede ser kneading (knead) en inglés que viene a significar algo así como 'comprimir en una bola', en francés se denomina pétrissage.

- **Amasado.**

Calvel (2004), asume que la masa se trabaja de forma física haciendo primero que se estire con las manos para luego doblarse sobre sí misma, comprimirse (se evita la formación de burbujas de aire) y volver a estirar para volver a doblar y a comprimir, repitiendo el proceso varias veces. Procediendo de esta forma se favorece el alineamiento de las moléculas de gluten haciendo que se fortalezca poco a poco la masa y permita capturar mejor los gases de la fermentación. Esta operación de amasamiento hace que la masa vaya adquiriendo progresivamente 'fortaleza' y sea cada vez más difícil de

manipular: las masas con mayor contenido de gluten requieren mayor fuerza en su amasado y es por eso por lo que se denominan masas de fuerza. Que la masa sea 'sobre trabajada' es un problema en la panadería industrial debido al empleo de máquinas especiales para ello: amasadoras. En ocasiones muy raras ocurre este fenómeno cuando se trabaja la masa a mano. La operación de amasado se suele realizar en una superficie aceitada para favorecer el manejo y evitar que la masa pegajosa se adhiera a la superficie.

- **Refinado.**

Acuña (1974), indica que es una operación mecánica que se realiza por medio de la refinadora que consta de dos rodillos graduales con funcionamiento de forma opuesta, generalmente ingresa la masa semiplástica, el tiempo de refinado es variable 4 a 8 minutos a temperatura ambiente hasta alcanzar el punto de elasticidad quedando listo para ser cortado, pesado y dividido (Calavera. 1996), menciona en cuanto al refinado, lo que se busca es una masa compacta y elástica para facilitar su manipulación. En tal sentido la máquina refinadora es la más usual para obtener el punto de elasticidad.

- **Corte y pesado.**

Calvel (2004), asume que esta operación se realiza en cortado de la masa y luego el pesado en porciones de 0.95 Kg, 1.90 Kg y 2.30 Kg. Dependiendo del tipo del pan. Además nos permite saber la cantidad de masa trabajada.

- **Dividido.**

Calvel (2004), indica que esta operación se realiza en una divisora manual que divide a las porciones de masa en 30 unidades cuadrados con peso uniforme, se realiza con la finalidad de agilizar el trabajo y así evitar la inadecuada fermentación de la masa al momento de moldear. Así mismo para evitar se pegue la masa primero se pasa con aceite antes de realizar el corte.

- **Moldeado.**

Jensen (1998), indica se realiza en forma manual sobre una mesa sobre mesa de acero inoxidable, a las masas divididas nuevamente dividimos en dos partes iguales y luego le damos la forma a la masa según el tipo de pan a producir. Seguidamente es colocado en bandejas y luego a los coches.

- **Fermentación y reposo.**

Acuña (1974), indica que la fermentación del pan ocurre en diversas etapas. La denominada 'fermentación primaria' empieza a ocurrir justamente tras el amasado y se suele dejar la masa en forma de bola metida en un recipiente para que 'repose' a una temperatura adecuada. Durante esta espera la masa suele adquirir mayor tamaño debido a que la levadura (si se ha incluido) libera dióxido de carbono (CO_2) durante su etapa de metabolismo: se dice en este caso que la masa fermenta. La masa parece que se va inflando a medida que avanza el tiempo de reposo. La temperatura de la masa durante esta fase del proceso es muy importante debido a que la actividad metabólica de las levaduras es máxima a los $35\text{ }^\circ\text{C}$, pero de la misma forma a esta temperatura se produce CO_2 a mayor ritmo pero al mismo tiempo también malos olores. Es por esta razón por la que la mayoría de los libros de panadería sugieren emplear temperaturas inferiores, rondando los $27\text{ }^\circ\text{C}$ lo que supone un reposo de aproximadamente dos horas. La temperatura gobierna este proceso de fermentación, a mayor temperatura menor tiempo de reposo. A veces algunos panaderos desean que las levaduras actúen durante el mayor tiempo que sea posible ya que este periodo dilatado con un mayor aroma y sabor al pan.

En algunos casos se hace uso de frigorífico. El final de la fermentación primaria lo indica el volumen de la masa 'hinchada' (se menciona a veces que debe doblar el volumen), la red de gluten se estira hasta llegar a un límite que no puede sobrepasar. Una de las pruebas más populares para comprobar que se ha llegado al límite es presionar la masa con un dedo, y se comprueba que la marca permanece entonces se deduce que el gluten se ha estirado hasta su límite. A veces se emplea en el primer reposo una cesta de nombre denominada banneton. En algunos casos se comprueba que una larga fermentación (y por lo tanto reposo) hace que el resultado final del pan sea agradable. Es por esta razón por la que los panaderos de Viena desde los años 1920s empezaron a experimentar con la posibilidad de dividir los procesos en dos turnos de trabajo: por el día mezclaban, amasaban y moldeaban la masa, por la mañana temprano hacían el horneado. Para poder hacer esto metían los panes moldeados en refrigeradores con el objeto de retrasar la fermentación y poder hacer el horneado por la mañana. Las levaduras se toman casi diez veces más tiempo en fermentar si están el refrigerador, esta práctica de retardo es muy habitual hoy en día. Tras el reposo se produce una segunda fermentación; antes de que ésta ocurra se le suele dar a la masa

su forma definitiva: barra, trenza, etcétera. Hay panaderos que vuelven a dar un ligero amasado antes de proporcionar la forma definitiva, con el objetivo de elongar las burbujas de gas en la masa. Esta segunda fermentación es previa al horneado. A veces se introducen cortes con un cuchillo en la superficie de la masa para que queden formas agradables a la vista al mismo tiempo que sea más fácil partir tras el horneado.

- **Horneado.**

Fernández (1992), asume que en esta fase del proceso de elaboración del pan se suele emplear una fuente de calor que en la mayoría de los casos se trata de un horno, tradicionalmente solía ser de leña y que hoy en día son de electricidad o gas. Además del horneado también puede cocinarse en sartén, cazuela, parrilla, en cenizas, o directamente sobre el fuego. Los hornos antiguos eran de arcilla, piedra o ladrillo lo que permitía almacenar gran cantidad de energía calorífica, la forma de operar de estos hornos era muy sencilla se introducía madera que se ponía a arder y cuando las brasas quedaban (lo que permitía alcanzar una temperatura entre 350 °C y 450 °C) se retiraban y se introducían las masas moldeadas de pan. Hoy en día se emplean en las panaderías hornos de gas o de

electricidad que no sobrepasan los 250 °C. La cocción estándar se realiza a temperaturas comprendidas entre 190° y 250 °C, dependiendo del tamaño del pan y el tipo de horno. La duración del horneado puede oscilar entre los 12 y 16 minutos para los panes pequeños, alcanzando más de una hora para las piezas más grandes. La medida exacta se encuentra siempre en la experiencia de cada panadero. Los 10 primeros minutos de la cocción suelen reseca el ambiente del horno y es esta la razón por la que suele pulverizarse agua para prevenir este resecamiento inicial, algunos autores aconsejan introducir cubitos de hielo en las bandejas inferiores para que tomen su tiempo en derretirse y proporcionar vapor en el momento apropiado. Los hornos profesionales suelen tener la posibilidad de inyectar vapor en estas fases del horneado. Las diferencias de temperatura alcanzadas entre la miga interior y la corteza pueden alcanzar los 100 °C, por lo que conviene asegurarse que el interior alcanza esta temperatura para poder garantizar la erradicación de los posibles organismos patógenos que hayan quedado en la masa. Dependiendo del tipo de pan, de si se ha empleado levaduras o no, la masa puede sufrir un crecimiento dentro del horno. Sea como sea el horneado, con su elevada temperatura "mata" las levaduras (si se hizo el pan con

levadura), pero la 'aireación' que hinchó la masa tras la fermentación permanece. Desde el punto de vista reológico el horneado convierte una masa viscoelástica en un pan elástico. La masa es un gel que en el caso de los panes fermentados retiene dióxido de carbono en su interior, mientras que el pan horneado es una esponja que resulta permeable al gas. El proceso de transformación ocurre a ciertas temperaturas en el interior del horno: en torno a los 70 °C. Algunos panaderos han diseñado dispositivos para calentar la masa desde el interior y provocando un crecimiento homogéneo de la masa, estos panes no poseían corteza. En el horneado la temperatura crece progresivamente desde el exterior al interior. El color de la corteza oscuro se debe a la reacción de Maillard, a veces se modula este color con aditivos.

Los hornos ofrecen mucha variación en las diferentes culturas y puede decirse que su uso ha ido cambiando a lo largo de la historia de la elaboración del pan, hoy en día se pueden ver como los hornos diseñados hace muchos siglos atrás siguen funcionando, tal es así el tandoor indio, el taboon en forma de cono donde se elabora el pan taboon, etcétera. Es en el siglo XVIII cuando los hornos de panadería adquieren la tecnología que les hace más productivos con la posibilidad de poder

controlar la humedad durante su horneado.³¹ Algunos panes se hornean dos veces en un periodo de 24 horas, en lo que se denomina biscuit (en el mundo anglosajón se denomina rusk o el Zwieback germano). El primer horneado se realiza normalmente, se corta el pan en rodajas y se deja reposar durante 18 horas para realizar un segundo horneado.

- **Enfriado.**

Fernández (1992), dice tras la cocción en el horno sobreviene directamente el enfriamiento del pan debido a que se extrae de la fuente primaria de calor y poco a poco va enfriándose, debe decirse que en este proceso la capa de la corteza suele tener muy poca humedad y muy alta temperatura (la corteza tiene una humedad relativa del 15% mientras que la miga un 40%). Durante el enfriamiento la humedad interior de la miga sale al exterior a través de la corteza, la velocidad de pérdida de humedad dependerá en gran parte de la forma que posea el pan. El desecado interior va dando firmeza al almidón. No suele aconsejarse ingerir el pan cuando está recién salido del horno, el proceso de enfriamiento es igualmente un proceso de 'maduración', este proceso es más necesario incluso para

aquellos panes que han necesitado de masas ácidas en su elaboración.

2.4.1. Consumo per cápita de pan.

Alicorp (2010), asume que el consumo per cápita de pan en las ciudades al interior del país alcanza los 40 kilos, lo cual es mayor al promedio nacional de 26 kilos, ciudades como Cusco, Huancayo (Junín), Chiclayo (Lambayeque), Trujillo (La Libertad) e Ica, se explica por la cultura arraigada existente en estas poblaciones y las variedades propias de panes de cada zona, como el pan de anís en Concepción (Junín), un pan tres puntas en Arequipa, la chapla en Cusco, entre otros más. El consumo de pan había disminuido en los últimos años debido a la falta de innovación en los productos que se ofrecen en el mercado, en los mejores años el consumo per cápita de pan llegó a 30 kilos, pero que fluctúa entre 24 y 26 kilos, lo cual es un nivel significativamente bajo respecto a Chile, donde el consumo de pan por persona es de 90 kilos al año. Se prevé que en el mediano plazo el consumo per cápita en el país se incremente debido a la apertura de más negocios de comida rápida sobre todo de sándwich y otros formatos comerciales.

2.5. ANTECEDENTES

En el “Estudio tecnológico de la utilización de la harina de yuca en panificación” de Henao (2004) de la Universidad Nacional de Colombia se destaca la importancia y la viabilidad de la industrialización de la harina de yuca en panificación, como sucedánea de la harina de trigo.

Gallego (2007), en su investigación “Alternativas de utilización de harina de yuca en productos alimenticios” evaluó diferentes concentración de harina de yuca como sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan francés (de molde); obteniendo como resultado que la sustitución del 10% se mantienen las propiedades físicas y organolépticas del producto.

En la investigación “Formulación y características nutricionales de galleta elaborada a base de harina de yuca y plasma bovino como aporte proteico” de Benítez (2006), utilizó harina de yuca como sustituto de harina de trigo en la elaboración de galletas, además agregó plasma bovino como fuente proteica; se evaluaron las características nutricionales y se concluyó un alto nivel de aceptación sensorial tanto en color como sabor, permitiendo utilizar este producto como alimentos

2.6. HIPÓTESIS.

2.6.1. Hipótesis general.

La sustitución de la harina de yuca en la elaboración del pan francés no influirá en las características sensoriales.

2.6.2. Hipótesis específicas.

Por lo menos uno de los porcentajes de adición de harina de yuca para la elaboración del pan francés presentará diferentes características sensoriales.

2.7. VARIABLES.

- Variable Independiente.

Harina de yuca

X_1 = Harina de yuca (12%, 15% y 18%)

- Variable dependiente.

Tipo de pan

Y = Pan francés

Y_2 = Características organolépticas del pan francés.

DEFINICION DE LAS VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Harina de yuca. <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Características sensoriales. 	<p>% Adición de Harina de yuca.</p> <p>Características sensoriales del pan francés</p>	<p>X1 = Harina de yuca</p> <p>X11 = 0 % de adición. X12 = 12 % de adición. X13 = 15 % de adición. X14 = 18 % de adición.</p> <p>Y1 = Características sensoriales del pan</p> <p>Y11 = Color Y12 = Sabor Y13 = Textura Y14 = Aceptabilidad</p>	<p>¿Cuál es el % óptimo de adición de harina de yuca en el pan francés?</p> <p>¿Cuáles serán las características sensoriales del pan francés obtenido con adición de harina de yuca?</p>

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Tipo de investigación

Es aplicada por que se pondrá en aplicación los fundamentos de las ciencias básicas, para buscar procedimientos alternativos aplicados al proceso de panificación y así plantear una nueva tecnología en la industria panadera.

3.1.2. Nivel de investigación

Es Experimental, porque se manipulará la variable independiente y se medirá su efectividad en la variable dependiente.

3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN

La fase experimental se llevó a cabo en la planta de la Panadería San Carlos S.A.C. Las pruebas fisicoquímicas de la materia prima y del producto final se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Servicios Integrales Bio Vital S.A.C., y la evaluación sensorial se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la EAP de Ingeniería Agroindustrial.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

3.3.1. Población.

La población estudiada estuvo constituida por la variedad de harina de yuca de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

3.3.2. Muestra.

La muestra estuvo constituida 1,500 g de harina de yuca para los tratamientos del 12%, 15% y 18% de sustitución de la harina de trigo, constituyendo un total de 1.5 kg de harina de yuca como sustituto para un total de 18.5 kg de harina de trigo.

3.3.3. Unidad de análisis.

La unidad de análisis es la harina de yuca obtenido a partir de yuca de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Tratamiento	Harina de Yuca (%)	Harina de Trigo (%)
T ₀	0%	100%
T ₁	12%	88%
T ₂	15%	85%
T ₃	18%	82%

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis nula.

H_0 : El pan francés obtenido con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de yuca presentan iguales características sensoriales.

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_0 = 0$$

Hipótesis de investigación.

H_1 : Al menos uno de los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de yuca presenta diferentes características sensoriales en el pan francés obtenido.

$$H_1 : \text{al menos un } \tau_i \neq 0$$

3.5.1. Diseño de experimentación.

Para evaluar las características organolépticas de los panes obtenidas en el estudio, según los tratamientos se requirieron la opinión de 15 panelistas semi entrenados, cuyas calificaciones se sometió a un Diseño Completamente al Azar (DCA) para determinar la diferencia estadística entre los tratamientos. Para la clasificación de los tratamientos, según preferencia, se aplicó las pruebas de comparación de Friedman con $\alpha = 5\%$.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

3.6.1. Materia prima

Para las pruebas preliminares y finales, se utilizaron harina de yuca procedente de la Provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

3.6.2. Insumos

Se utilizó azúcar blanca, levadura y otros insumos de panaderías.

3.6.3. Materiales

Materiales de laboratorio

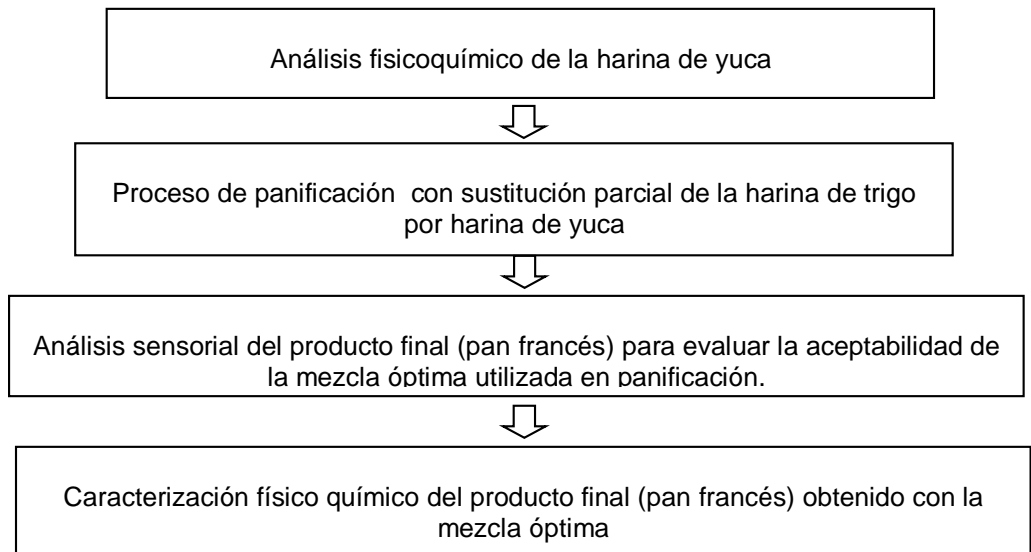
- Pipetas graduadas de 1 y 10 ml
- Embudo de vidrio
- Espátula
- Papel filtro
- Tubos de ensayo
- Termómetro manual de -10 a 150°C
- Luna de reloj
- Vasos de precipitación de 100 y 200 ml
- Bombillas de jebe
- Papel filtro whatman N° 4
- Cubetas de 1000ml para espectrofotómetro
- Puntas (Tips) para micropipetas de 100ml y 1000ml
- Gradilla para tubos de ensayo.

3.6.4. Equipos

- Horno panificador.
- Divisor de masa.
- Espectrofotómetro (Vis 1201 Genesys 20).
- Micropipeta de 10 μ L a 1000 μ L
- Balanza digital: (Ohaus Co, Suiza), Capacidad máxima. 210g.
exactitud 0,0001 g.
- Mufla.
- Equipo para medir acides titulable
- Estufa

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El presente trabajo de investigación estuvo enfocado en el estudio tecnológico de la variedad de harina de yuca blanco, para determinar cuál es el mejor porcentaje de sustitución parcial de la harina de trigo en panificación, para luego realizar el análisis sensorial del producto obtenido (pan francés) con diversos porcentajes de sustitución de la harina de trigo, determinado la aceptabilidad de la mezcla óptima, finalmente la caracterización del pan francés con mejor nivel de aceptación entre los panelistas.

Figura 02. Esquema experimental de la investigación

3.7.1. Análisis fisicoquímico de la harina de yuca.

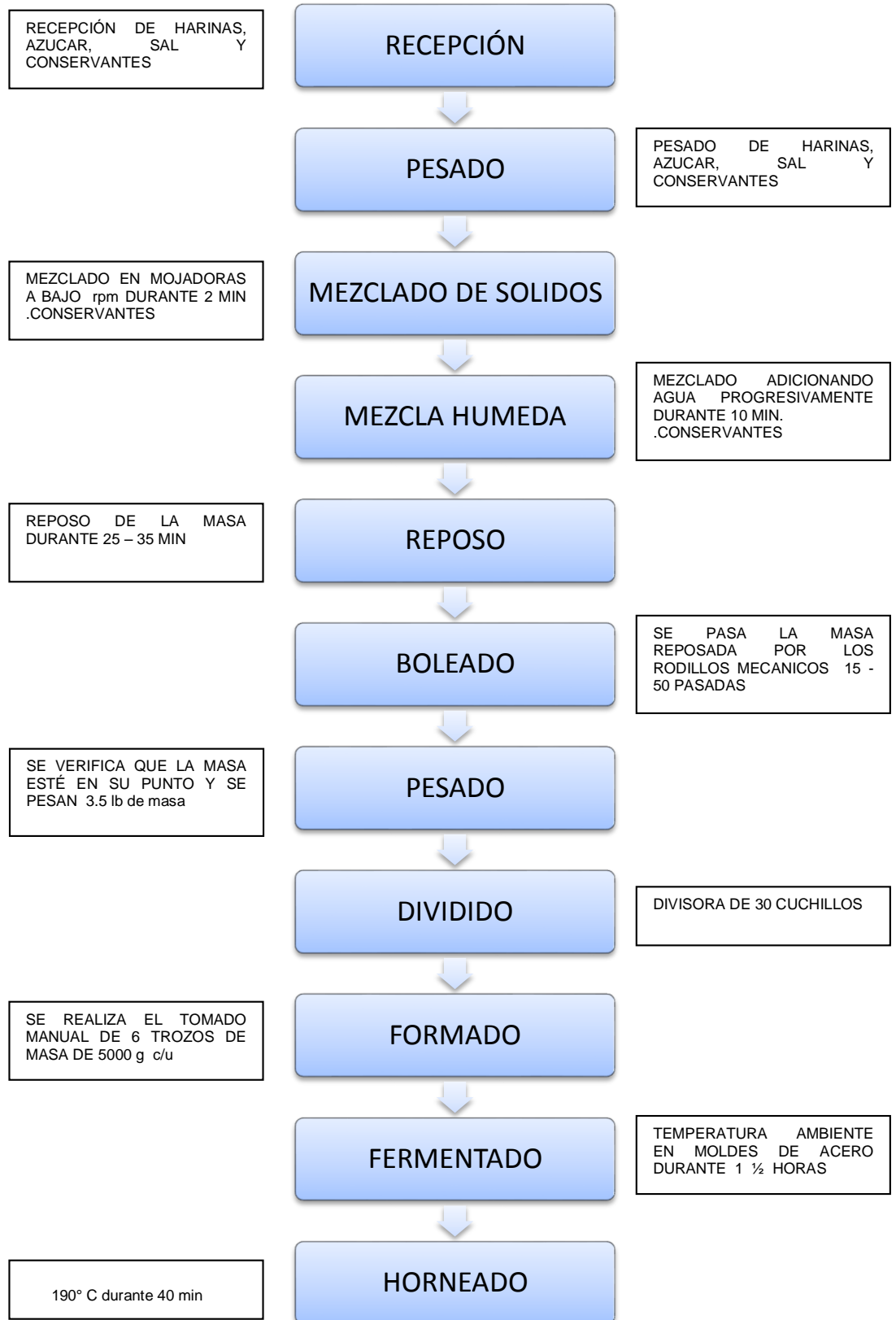
Este análisis se realizó con la finalidad de conocer las características físico químicas de la harina de yuca la que fue utilizada en la elaboración del pan francés como sustituto parcial de la harina de trigo. Se analizó las características como pH y acidez, así como humedad, cenizas, proteínas e hidratos de carbono. Estos análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Servicios Integrales Bio Vital S.A.C.

3.7.2. Proceso de panificación con harina de yuca como sucedánea.

Los ensayos de panificación se realizaron con base a las formulaciones típicas para la elaboración del pan francés,

únicamente el componente que cambió en la mezcla tradicional fue la harina de yuca, en sus diferentes porcentajes de sustitución. Las operaciones fueron: pesado, mezclado de sólidos, mezcla húmeda, reposo, boleado, pesado, división, fermentación y horneado. Para la fabricación del pan tipo común se realizó una división mecánica para su posterior formado y se efectuó un corte en la parte superior del pan para efectos de estética del producto; El horneado se realizó a una temperatura de 200 °C durante 20 min.

Figura 03: Diagrama de flujo de la elaboración de pan francés



3.7.3. Evaluación sensorial del pan francés obtenido con diversas mezclas de sustitución de la harina de trigo.

La evaluación sensorial se realizó con un panel conformado por 15 jueces semi entrenados de la EAP de Ingeniería Agroindustrial, quienes calificaron los atributos de calidad más relevantes del pan francés obtenidos con diferentes grados de sustitución de harina de trigo por harina de yuca, utilizando la ficha de evaluación que se muestra en los anexos tal como recomienda Espino (2009). Para la aplicación de dicha encuesta a los panelistas se empleó panes frescos elaborados el mismo día de la evaluación sensorial, identificados con los códigos aleatorios asignados según la posición definida previamente de manera aleatoria. Las cuatro muestras se presentaron a preferencia del consumidor todas al mismo tiempo, aclarando que la presentación simultánea de las muestras fue preferible ya que, es más fácil de administrar y le permitió a los panelistas volver a evaluar las muestras si así lo deseaban.

3.7.4. Caracterización del pan francés obtenido con la mezcla óptima y mejor nivel de aceptación.

Se caracterizó el pan francés que obtuvo mejor nivel de aceptación en la evaluación sensorial para determinar sus características físicas

químicas y su composición nutricional para luego compararlas con las características del pan francés normal.

IV. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA HARINA DE YUCA.

4.1.1. Caracterización granulométrica de la harina de yuca.

Los resultados de la caracterización granulométrica realizada a la harina de yuca utilizada en la investigación que se muestran en el cuadro 11, se obtuvieron al aplicar el método de clasificación del tamaño de partículas usando una tamizadora Roí Up. (2001).

Figura 06. La Yuca



Cuadro 11. Caracterización granulométrica de la Harina de yuca.

Malla No.	Um	% Partículas de la harina de yuca
50	312	98,5
70	212	99,5
100	150	99,4
140	106	-
270	53	-
TOTAL		99,9

Fuente: Investigación Elaboración: Propia

Los resultados mostrados para la harina de yuca nos indica que un 99.5% de las partículas pasan por la malla 212 Um, el balance de gránulos finos es equilibrado, presentando en su mayoría finos, lo cual es importante pues proporciona a la harina la característica de ser higroscópica y así disminuir la resistencia a la absorción de agua.

4.1.2. Caracterización fisicoquímica de la harina de yuca

El cuadro 12 y Anexo 2 nos muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina de yuca realizado en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Bio Vital S.A.C., el cual reportó un contenido de humedad de 8,21% equivalente a 91,79 de

materia seca, cenizas por 1,38%, así como un pH de 3,62; de igual manera reportó un contenido de proteína de 7,3% e hidratos de carbono de 75,8 g.

Cuadro 12. Caracterización fisicoquímica de la Harina de yuca.

Característica	Resultado (por 100 g)
Humedad (%)	8,21
Materia seca (%)	91,79
Ceniza (%)	1,38
Proteína (%)	7,30
Hidratos de Carbono (g)	75,80
Fibra (%)	1,12
pH	3,62
Acidez	1,70

Fuente: Investigación (Bio Vital SAC) Elaboración: Propia

4.2. ELABORACIÓN DE PAN FRANCÉS CON HARINA DE YUCA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO.

La elaboración del pan es un conjunto de procesos en cadena, comienza con los ingredientes en sus proporciones justas y las herramientas para su elaboración dispuestas y acaba con el pan listo para ser servido.

Cuadro 13. Formulación de pan francés (100% harina)

Componente	Porcentaje %
Harina de trigo	82-100
Harina de yuca	12-18
Levadura	4
Azúcar	12
Sal	2
Margarina	12
Agua	50-60

Fuente: Investigación Elaboración: Propia

A continuación se presenta las operaciones y en seguida el diagrama de flujo para la elaboración del pan francés que se siguió durante el trabajo de investigación.

a) Recepción de Materias Primas e Insumos

Las materias primas que se utilizaron en la producción de pan son básicamente: harina de yuca, harina de trigo, las que fueron recepcionadas previo control. Asimismo, los insumos como manteca vegetal, azúcar, etc. fueron recepcionados previa verificación de las condiciones en que estos llegan.

b) Almacenamiento General

Las materias primas fueron almacenadas en un ambiente específico para cada fin. Las materias fueron colocadas sobre parihuelas, en rumas separadas según producto y manteniendo las distancias adecuadas de almacenamiento.

c) Formulación y pesado

La formulación se estableció de acuerdo a la disponibilidad de materia prima para aplicar el grado de sustitución propuesto, con la única condición de que la ración completa satisfaga los requerimientos físicos químicos nutricionales.

d) Mezclado

Se realizó utilizando máquinas mezcladora sobadora de 100 o 50 Kg. de capacidad, El tiempo de cremado y mezclado fue de 15 a 20 minutos. También se hizo dependiendo de la formulación utilizada en la investigación y a su tolerancia de agua.

e) División

Esta etapa consistió en obtener las unidades del pan. La masa obtenida en la etapa anterior se recibió en envases de acero inoxidable, luego se colocaron en la mesa de trabajo.

f) Boleado

Dicha etapa consistió en darle forma circular a la masa la cual fue dividida por la divisora dicha operación se realizó manualmente.

g) Fermentado

Dicha operación tuvo por finalidad incrementar el volumen de la masa boleada a una temperatura de $T^{\circ} 45^{\circ} - 60^{\circ}\text{C}$ por un tiempo t entre 45 - 60 min.

h) Horneado

Esta operación consistió en someter a la masa a un proceso tratamiento térmico, lográndose una cocción y secado homogéneo del pan. Las bandejas fueron colocadas en el interior del horno sometido a una temperatura entre 180°C y 220°C entre 15 a 20 minutos, transcurrido el cual fueron retiradas las bandejas y se dejó reposando en la zona de enfriamiento.

i) Enfriado

Este proceso se realizó por un tiempo de 15 a 20 minutos, a la temperatura ambiente.

j) Almacenamiento del Producto Final

En esta etapa los panes fueron almacenados sobre andamios, apilados y ordenados adecuadamente en el almacén de producto final, en un ambiente limpio y ventilado listas para su distribución.

k) Distribución.

El producto a ser despachado fue retirado del almacén y colocado en el vehículo de transporte.

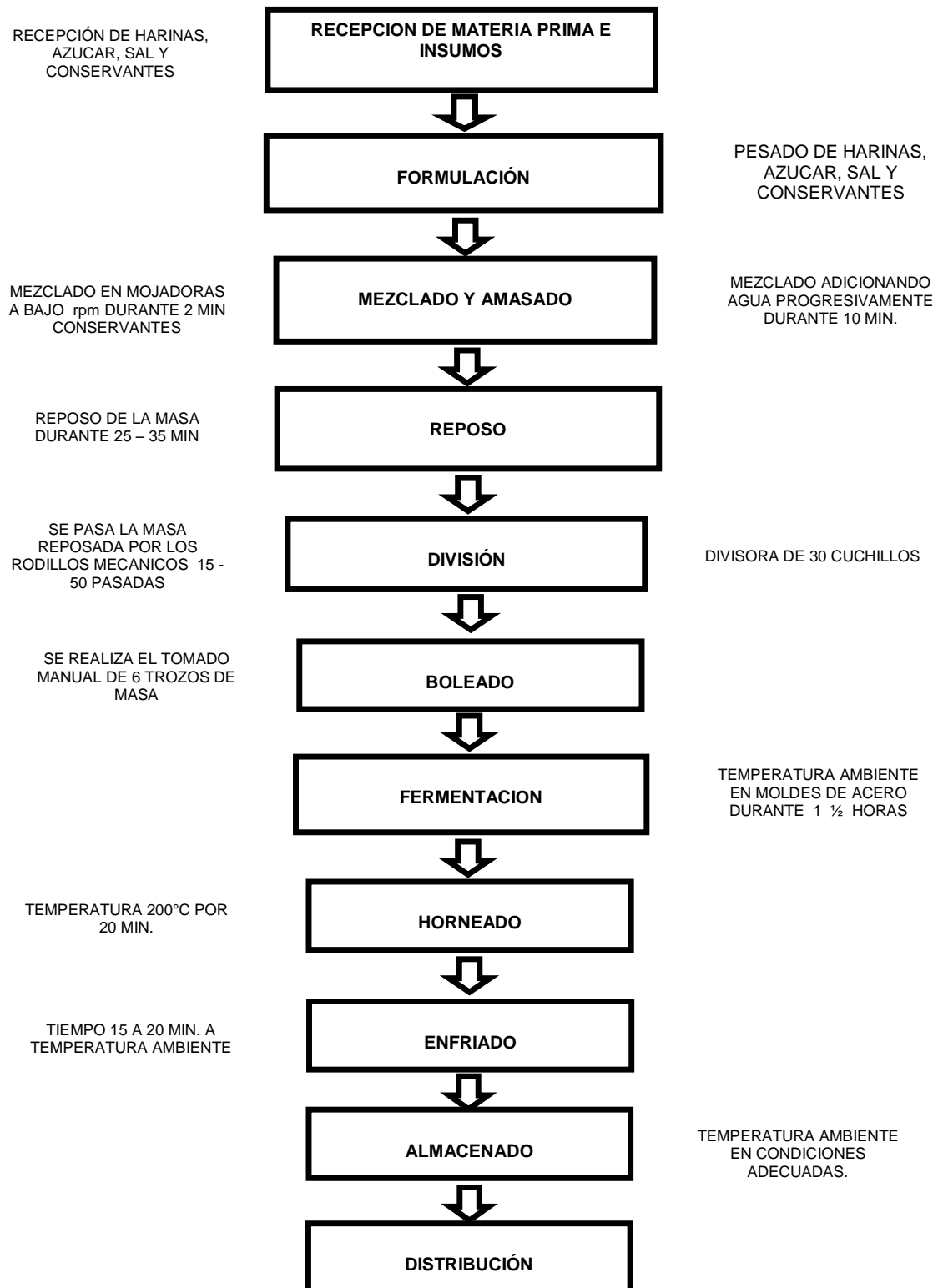


Diagrama 03. Diagrama de Flujo de la Elaboración del Pan Francés.

4.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN FRANCÉS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE YUCA.

El cuadro 14 presenta los resultados de la evaluación sensorial del pan francés elaborado con harina de yuca como sustituto parcial de la harina de trigo, los cuales fueron evaluados estadísticamente mediante la prueba no paramétrica de Friedman, tal como recomienda Sotomayor (2008).

Cuadro 14. Evaluación sensorial del pan francés elaborado con Harina de yuca.

Tratamientos	COLOR	SABOR	TEXTURA	ACEPTABILIDAD
T0	a 4,33	a 4,40	a 4,13	a 4,47
T1	a 4,27	a 4,13	a 4,20	a 4,27
T2	a 4,33	a 4,07	a 4,33	a 4,13
T3	a 4,20	b 3,40	b 3,33	b 3,27

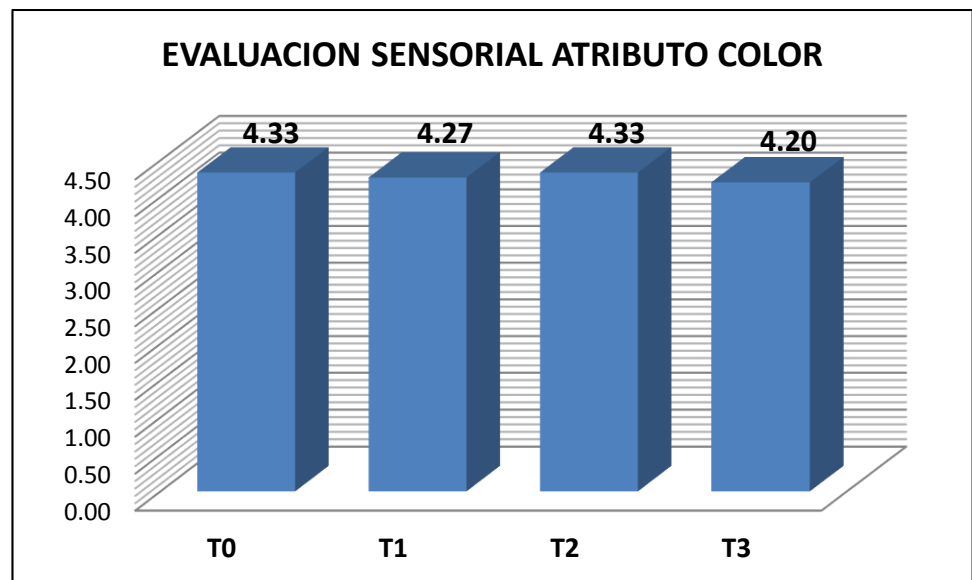
Fuente: Investigación Elaboración: Propia

4.3.1 Evaluación sensorial – Atributo color.

En el cuadro 14, la Figura 5 y Anexo 4 se presentan los resultados de la evaluación sensorial en el atributo color. Tal como se muestran en los resultados los tratamientos T0, T1, T2 y T3 no presentan

diferencias significativas por lo que se desprende que en el atributo color todos los tratamientos presentan similares características; sin embargo, por los resultados el T0 y T2 obtuvieron las preferencias, seguida del tratamiento T1, mientras que el T3 ocupó el último lugar. En tal sentido, se puede afirmar que los diferentes grados de sustitución de la harina de trigo no influyen significativamente en el atributo color.

Figura 5. Resultados de la Evaluación Sensorial del atributo COLOR.



Fuente: Investigación Elaboración: Propia.

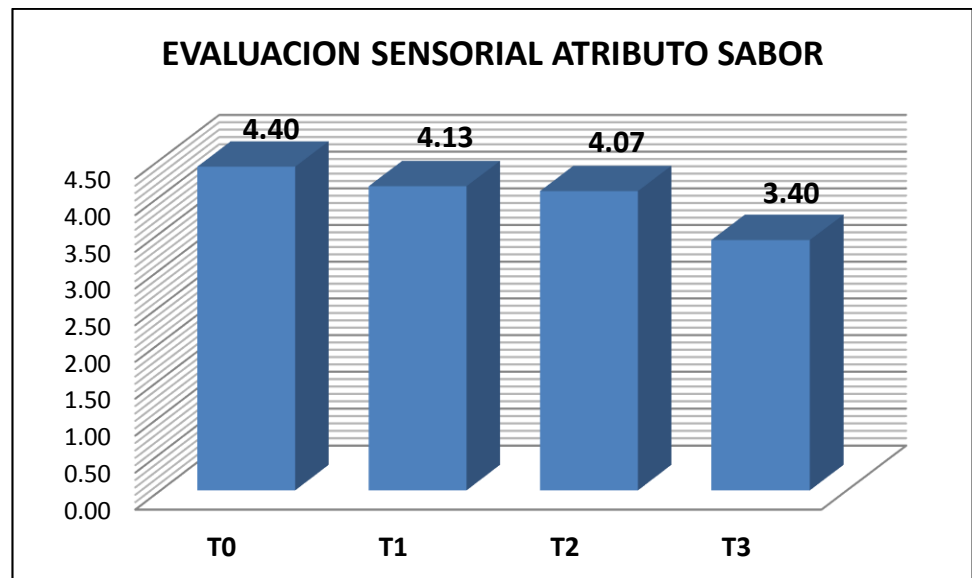
4.3.2 Evaluación sensorial – Atributo sabor.

En el cuadro 14, la Figura 6 y Anexo 5 se presentan los resultados de la evaluación sensorial en el atributo sabor. Tal como se

muestran en los resultados los tratamientos T0, T1 y T2 no presentan diferencias significativas por lo que se desprende que en el atributo sabor dichos tratamientos presentan similares características; sin embargo, por los resultados el T0 obtuvo las preferencias, seguida de los tratamientos T1 y T2, en ese orden, mientras que el T3 ocupó el último lugar con las menores preferencias de los panelistas.

En tal sentido, se puede afirmar que los diferentes grados de sustitución de la harina de trigo si influyen significativamente en el atributo sabor, ya que a mayor grado de sustitución menor preferencia para el atributo sabor.

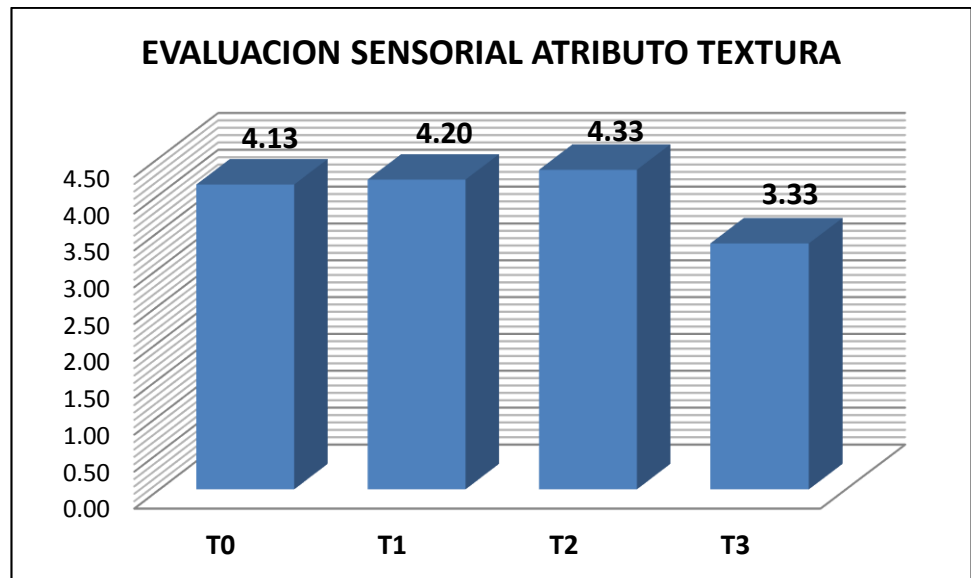
Figura 6. Resultados de la Evaluación Sensorial del atributo SABOR.



Fuente: Investigación Elaboración: Propia.

4.3.3 Evaluación sensorial – Atributo textura.

El cuadro 14, la Figura 7 y Anexo 6 presentan los resultados de la evaluación sensorial en el atributo textura. Tal como se muestran en los resultados los tratamientos T0, T1 y T2 no presentan diferencias significativas entre sí por lo que se desprende que en el atributo textura dichos tratamientos presentan similares características, mientras que dichos tratamientos (T0, T1 y T2) si presentan significativas diferencias con el tratamiento T3; Se interpretó, por los resultados que el T2 obtuvo las preferencias de los panelistas, seguida de los tratamiento T1 y T0, en ese orden; mientras que el T3 ocupó el último lugar con las menores preferencias de los panelistas. En tal sentido, se puede afirmar que los diferentes grados de sustitución de la harina de trigo si influyen significativamente en el atributo textura, ya que a un 15% de sustitución se obtuvo mejor textura, seguida por un 12% de sustitución, en cambio, a un grado de sustitución mayor, en esta caso el 18%, se obtuvo las menores preferencias para el atributo textura. Estos resultados han sido obtenidos de acuerdo a la prueba no paramétrica Friedman tal como plantea Sotomayor (2008).

Figura 7. Evaluación sensorial del atributo Textura.

Fuente: Investigación Elaboración: Propia.

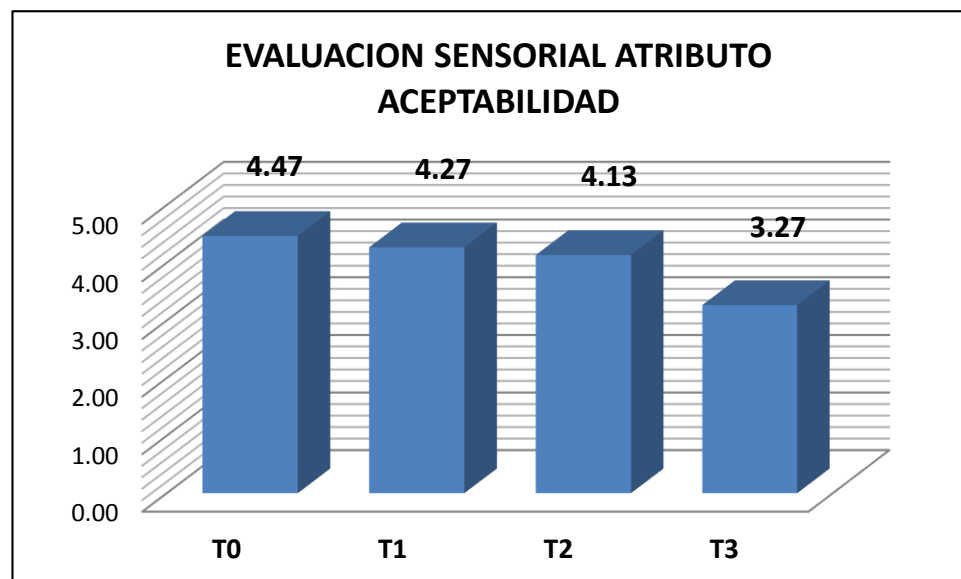
4.3.4 Evaluación sensorial – Atributo aceptabilidad.

El cuadro 14, la Figura 8 y Anexo 7 presentan los resultados de la evaluación sensorial en el atributo aceptabilidad. Tal como se muestran, los tratamientos T0, T1 y T2 no presentan diferencias significativas entre sí por lo que se desprende que la aceptabilidad en dichos tratamientos presentan similares niveles de aceptación, mientras que dichos tratamientos (T0, T1 y T2) si presentan significativas diferencias con el tratamiento T3, ya que éste presenta el menor grado de aceptabilidad, se interpreta, por los resultados que el T0 obtuvo las preferencias de los panelistas, seguida de los

tratamiento T1 y T2, en ese orden; mientras que el T3 ocupó el último lugar con las menores preferencias de los panelistas.

En tal sentido, se puede afirmar que los diferentes grados de sustitución de la harina de trigo por la harina de yuca si influyen significativamente en la aceptabilidad del producto final, ya que la muestra testigo (T0) obtuvo la mejor calificación en cuanto a la aceptabilidad, seguida del 12% de sustitución (T1) y en seguida del tratamiento T2 (15% de sustitución), en cambio, a un grado de sustitución mayor, en esta caso al 18%, se obtuvo las menores preferencias para el nivel de aceptabilidad. Estos resultados han sido obtenidos de acuerdo a la prueba no paramétrica Friedman tal como plantea Sotomayor (2008).

Figura 8. Evaluación sensorial del atributo Aceptabilidad.



Fuente: Investigación Elaboración: Propia.

4.4. ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL PAN FRANCÉS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE YUCA.

El cuadro 15 y Anexo 8 nos muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica del pan francés obtenido con una mezcla de 12% de harina de yuca con 88% de harina de trigo, análisis que se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Bio Vital S.A.C., el cual reportó un contenido de humedad de 22,40% equivalente a 87,60 de materia seca, cenizas por 2,10%, así como un pH de 6,70, de igual manera reportó un contenido de proteína de 10,8% e hidratos de carbono de 62.15 g.

Cuadro 15. Caracterización fisicoquímica del pan francés elaborado con Harina de yuca (12%) como sustitución parcial de la harina de trigo (88%).

Característica	Resultado (por 100 g)
Humedad (%)	22,40
Grasa (%)	1,03
Ceniza (%)	2,10
Hidratos de Carbono (g)	62,15
Fibra (%)	1,40
Proteína (%)	10,80
pH	6,70
Acidez	1,85

Fuente: Investigación (Bio Vital) Elaboración: Propia

V. DISCUSIÓN

5.1. DEL ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LA HARINA DE YUCA

5.1.1. De la caracterización granulométrica de la harina de yuca

Del cuadro 11 de la caracterización granulométrica de la harina de yuca se reporta que un 99.5% de las partículas pasan por la malla 212 μm , cuyos resultados nos refieren que cumple con la exigencia de la Norma Técnica CODEX para la Harina de Yuca (CODEX STAN 176-1989), el cual exigen un mínimo de 98% para gránulos finos, tal como recomienda Acuña (1994) en su estudio sobre harina para panificación.

5.1.2. De la Caracterización fisicoquímica de la harina de yuca

Del cuadro 9 y Anexo 2 nos muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina de yuca realizado en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Bio Vital S.A.C., el cual reportó un contenido de humedad de 8,21% equivalente a 91,79 de materia seca, cenizas por 1,38%, así como un pH de 3,62; de igual manera reportó un contenido de proteína de 7,3% e hidratos de carbono de

75,8 g. Estas como las otras características se encuentran dentro de los parámetros establecidos por Acuña (1974) y Fernández (1992) para la harina de yuca, justificando las diferencias que son atribuibles al manejo agronómico, estado de madurez, así como a las condiciones climatológicas de la zona productiva de la región Huánuco.

5.2. DE LA ELABORACIÓN DEL PAN FRANCÉS CON HARINA DE YUCA COMO SUSTITUTO DE LA HARINA DE TRIGO

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, respecto al proceso para la elaboración del pan con diferentes grados de sustitución de la harina de trigo por harina de yuca se estableció, tal como señala Calvel (2004) un conjunto de procesos en cadena, los mismos que se señalan en el Diagrama 3 diagrama de flujo para la elaboración del pan.

Entre éstos procesos, lo más trascendente, el pesado, tal como afirma León (1982) y Calaveras (1996) éste debe garantizar la regularidad de la masa; el mezclado se compone de la mezcla y el amasado, tal como señala Acuña (1974); así mismo, Calvel (2004) afirma que el corte, pesado y división nos permite obtener la cantidad de masa trabajada, tal como ha ocurrido en la

investigación; la fermentación, según afirmación de Acuña (1974) permite imprimir cierto grado de aroma y sabor al pan; para el horneado, se aplicó una T° 200 por 20 minutos, tal como recomienda Fernández (1992) la T° debe estar comprendida en el rango de 190° a 250° con una duración entre 12 y 16 minutos según las dimensiones del pan, finalmente, para el enfriado se ha cumplido con lo recomendado por Fernández (1992) de tal manera que la humedad interior de la miga sale al exterior a través de la corteza para mantener la textura característica del pan.

5.3. DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN FRANCÉS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE YUCA

Del cuadro 14 que resume los resultados de la evaluación sensorial del pan elaborado con sustitución parcial de harina de yuca por harina de trigo, se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T0, T1 y T2 para los atributos color, sabor, textura y aceptabilidad; en cambio éste grupo si tiene diferencias respecto al tratamiento T3 para los atributos sabor, textura y aceptabilidad.

En tal sentido, se puede afirmar que los diferentes grados de sustitución de la harina de trigo si influyen significativamente en el atributo sabor, textura y aceptabilidad ya que a mayor grado de sustitución menor preferencia para dichos atributos; por lo que podemos afirmar que el Tratamiento 1 (12% harina de yuca con 88% harina de trigo) resultó el tratamiento óptimo de acuerdo a los promedios comparados utilizando la prueba no paramétrica de Friedman planteada por Sotomayor (2008). De igual manera, los resultados obtenidos en la investigación concuerdan con los de la tesis de Gallego (2007) quien al evaluar similar sustitución para pan de molde concluyó que sustitución a un nivel del 10% de harina de yuca mantienen las propiedades físicas y organolépticas del producto.

5.4. DEL ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL PAN FRANCÉS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE YUCA

Del cuadro 12 los resultados de la caracterización fisicoquímica del pan francés obtenido con una mezcla de 12% de harina de yuca con 88% de harina de trigo, reportó un contenido de humedad de 22,40% equivalente a 87,60 de materia seca, cenizas por 2,10%, así como un pH de 6,70, de igual manera reportó un contenido de proteína de 10,8% e hidratos de carbono de 62.15 g. Estas características se

encuentran dentro de los parámetros establecidos por Calvel (2001) para el pan francés, asimismo con los resultados obtenidos por Gallego (2007).

VI. CONCLUSIONES.

- Las características físicas químicas encontradas en la harina de yuca fueron las siguientes: humedad 8,21%, cenizas 1,38%, hidratos de carbono 75,80%, fibra 1,12%, proteína 7,30%, pH 3,62, acidez 1,70.
- Los parámetros tecnológicos para la elaboración del pan francés con harina de yuca en un 12% - 18% de sustitución de la harina de trigo se establecieron en armonía con la tecnología tradicional panificadora.
- La evaluación sensorial determinó al Tratamiento 1 (T1) como el grado de sustitución óptimo para la elaboración del pan francés en 12% de harina de yuca por un 88% de harina de trigo, de acuerdo a la evaluación de los atributos color, sabor, textura y aceptabilidad, con lo cual se comprobó nuestra hipótesis de investigación.
- Las características físicas químicas del pan francés obtenido con un 12% de sustitución de harina de yuca fueron: humedad 22,40%, grasa 1,03%, cenizas 2,10%, carbohidratos 62,15%, fibra 1,40%, proteína 10,80%, pH 6,70, acidez 1,85. Los resultados obtenidos permiten afirmar la viabilidad comercial del pan francés obtenido con harina sucedánea.

VII. RECOMENDACIONES.

- Realizar un estudio de mercado y estrategias de marketing que permitan introducir y fortalecer el producto obtenido en el mercado regional y nacional.

- Realizar los estudios técnicos productivos que permitan obtener la sostenibilidad de la propuesta para mejorar la calidad de vida de los panificadores y de los productores de yuca de la región.

- Realizar los estudios técnicos que permitan obtener y mantener una oferta sostenible de la yuca para atender de manera oportuna al mercado regional y nacional.

- Recomendar a los estudiantes realizar investigaciones para sustituir insumos por producción local en beneficio de los productores de la región.

VIII. LITERATURA CITADA.

- AACC. 2000. Aproved Methods Tenth Edition. American Association of Cereal Chemist. U.S.A
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association Official Analytic Chemists. 19° Edición. Washington D.C. U.S.A. 1141p.
- Benitez, B; Archile, A; Rangel, L; Barboza, Y; Camacho, M; Leal, M y Márquez, E. 2006. Formulación y Características Nutricionales de una Galleta Elaborada a Base de Harina de Yuca y Plasma Bovino como Aporte Proteico. Universidad de Zulia, Venezuela.
- Ceballos, H. 2004. La Yuca en el Tercer Milenio. Capítulo 1. La Yuca en Colombia y el Mundo: Nuevas Perspectivas para un Cultivo Milenario. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. 570p.
- Charley, H. 1995. Tecnología de Alimentos. Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos. Editorial LIMUSA. 767p.
- Cock, JH. 1989. La Yuca, Nuevo Potencial para un Cultivo Tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. 240 p.
- El – Dash, A.; Mazzari, M; Germani R. 1994. Tecnologia de Farinha Mistas. Volume 1. EMBRAPA – CTAA. Rio de Janeiro, Brasil. 88p.

- El – Dash, A. 1994. Tecnologia de Farinha Mistas. Volume 6. EMBRAPA – CTAA. Rio de Janeiro, Brasil. 47p.
- El – Dash, A.; Germani, R. 1994. Tecnologia de Farinha Mistas. Volume 7. EMBRAPA – CTAA. Rio de Janeiro, Brasil. 31p.
- Gallego, S. 2007. Alternativas de Utilización de Harina de Yuca en Productos Alimenticios. Reunión Anual del Consorcio Latinoamericano de Yuca y Camote. Colombia.
- Guido, A. 2005. Validación de Variedades de Yuca en el Pacífico Sur de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Nicaragua. 40 p.
- Henao, O; S. 2004. Estudio Tecnológico de la Utilización de la Harina de Yuca en Panificación. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Administración. Tesis de Grado para Optar Título de Ingeniería Industrial. 128p.
- Masís, C. 1998. Perfil Nutricional de Nicaragua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación FAO.
- Murillo, O. 1995. Ficha Técnica: Industrialización de la Yuca. Consejo Nacional de Producción (CNP). Costa Rica. 10p.
- Toledo, V; Watanabe, E. 1997. Fundamentos Da Tecnologia de Panificação. EMBRAPA – CTAA. Rio de Janeiro, Brasil. 60p.

ANEXOS.

ANEXO 1.

FICHA TÉCNICA:

NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE YUCA

ANEXO 2

ANALISIS FISICO QUIMICO DE LA HARINA DE YUCA

ANEXO 3

**FICHA TÉCNICA: EVALUACIÓN SENSORIAL
ESCALA DE LIKERT**

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

Panelista: Edad: Sexo:

PRODUCTO: **PAN FRANCÉS CON HARINA DE YUCA**

INSTRUCCIONES:

En la mesa tiene cuatro muestras de pan francés, pruebe la muestra de cada tratamiento y marque con una “X” en el casillero correspondiente a la apreciación que corresponda a su nivel de agrado o desagrado. No olvide enjuagarse el paladar entre cada muestra.

Código	M505				M515				M535				M555			
	SABOR	COLOR	AROMA	ACEPTAB	SABOR	COLOR	AROMA	ACEPTAB	SABOR	COLOR	AROMA	ACEPTAB	SABOR	COLOR	AROMA	ACEPTAB
5 (Me agrada mucho)																
4 (Me agrada poco)																
3 (Indiferente)																
2 (Me desagrada poco)																
1 (Me desagrada mucho)																

COMENTARIOS:

Gracias por su colaboración.

ANEXO 4

ANALISIS ESTADISTICO DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR

Ti	PANELISTAS															Ri	PROMEDIOS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
T0	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	65,00	4,33
T1	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	64,00	4,27
T2	5	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	65,00	4,33
T3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	63,00	4,20

Ti	PANELISTAS															Rj	PROMEDIOS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
T0	3,5	2	1,5	2,5	2,5	2	4	4	2	1,5	2	2	3,5	3,5	2,5	39,00	2,60
T1	1,5	2	3,5	2,5	2,5	2	2	2	2	3,5	4	4	1,5	1,5	2,5	37,00	2,47
T2	3,5	2	3,5	2,5	2,5	4	2	2	2	3,5	2	2	3,5	1,5	2,5	39,00	2,60
T3	1,5	4	1,5	2,5	2,5	2	2	2	4	1,5	2	2	1,5	3,5	2,5	35,00	2,33

**ANALISIS ESTADISTICO DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL
ATRIBUTO COLOR****Pruebas NPar****Prueba de Friedman****Rangos**

	Rango promedio
T0	2,63
T1	2,37
T2	2,63
T3	2,37

Estadísticos de prueba^a

N	15
Chi-cuadrado	1,200
gl	3
Sig. asintótica	,753

a. Prueba de Friedman

ANEXO 5

ANALISIS ESTADISTICO DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR

Ti	PANELISTAS															Ri	PROMEDIOS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
T0	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5	4	4	66,00	4,40
T1	4	4	5	4	4	4	3	4	3	5	5	5	4	4	4	62,00	4,13
T2	4	5	5	4	4	5	3	3	4	3	4	4	5	4	4	61,00	4,07
T3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	4	51,00	3,40

Ti	PANELISTAS															Rj	PROMEDIOS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
T0	4	2,5	2	2,5	3	2,5	4	4	3,5	3,5	3,5	2	3,5	3	2,5	46,00	3,07
T1	2,5	2,5	3,5	2,5	3	2,5	1,5	2,5	1,5	3,5	3,5	4	2	3	2,5	40,50	2,70
T2	2,5	4	3,5	2,5	3	4	1,5	1	3,5	1	2	2	3,5	3	2,5	39,50	2,63
T3	1	1	1	2,5	1	1	3	2,5	1,5	2	1	2	1	1	2,5	24,00	1,60

**ANALISIS ESTADISTICO DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL
ATRIBUTO SABOR****Pruebas NPar****Prueba de Friedman****Rangos**

	Rango promedio
T0	3,07
T1	2,70
T2	2,63
T3	1,60

Estadísticos de prueba^a

N	15
Chi-cuadrado	15,000
gl	3
Sig. asintótica	,002

a. Prueba de Friedman

Análisis univariado de varianza

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: SABOR

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	53,500 ^a	59	,907	.	.
Interceptación	375,000	1	375,000	.	.
PANELISTA	,000	14	,000	.	.
TRATAMIENTO	17,833	3	5,944	.	.
PANELISTA * TRATAMIENTO	35,667	42	,849	.	.
Error	,000	0	.	.	.
Total	428,500	60			
Total corregido	53,500	59			

SABOR

Duncan^{a,b}

tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
3,00	15	1,6000	
2,00	15		2,6333
1,00	15		2,7000
,00	15		3,0667
Sig.		1,000	,232

ANEXO 6

ANALISIS ESTADISTICO DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA

Ti	PANELISTAS															Ri	PROMEDIOS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
T0	5	4	4	4	3	4	3	5	4	5	4	4	5	4	4	62,00	4,13
T1	4	4	5	4	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	4	63,00	4,20
T2	5	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	65,00	4,33
T3	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	4	50,00	3,33

Ti	PANELISTAS															Rj	PROMEDIOS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
T0	3,5	3	2	3	1	2,5	1,5	4	3,5	3,5	2,5	2,5	3,5	3	2,5	41,50	2,77
T1	1,5	3	3,5	3	2,5	2,5	3,5	2	1,5	3,5	4	4	1,5	3	2,5	41,50	2,77
T2	3,5	3	3,5	3	4	4	3,5	2	3,5	2	2,5	2,5	3,5	3	2,5	46,00	3,07
T3	1,5	1	1	1	2,5	1	1,5	2	1,5	1	1	1	1,5	1	2,5	21,00	1,40

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL
ATRIBUTO TEXTURA****Pruebas NPar
Prueba de Friedman****Rangos**

	Rango promedio
T0	2,77
T1	2,77
T2	3,07
T3	1,40

Estadísticos de prueba^a

N	15
Chi-cuadrado	20,536
gl	3
Sig. asintótica	,000

a. Prueba de Friedman

Análisis univariado de varianza

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: TEXTURA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	25,100 ^a	17	1,476	2,074	,028
Interceptación	375,000	1	375,000	526,756	,000
panelista	,000	14	,000	,000	1,000
tratamiento	25,100	3	8,367	11,753	,000
Error	29,900	42	,712		
Total	430,000	60			
Total corregido	55,000	59			

TEXTURA

Duncan^{a,b}

tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
3,00	15	1,4000	
,00	15		2,7667
1,00	15		2,7667
2,00	15		3,0667
Sig.		1,000	,365

ANEXO 7

ANALISIS ESTADISTICO DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL ATRIBUTO ACEPTABILIDAD

Ti	PANELISTAS															Ri	PROMEDIOS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
T0	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	5	4	4	67,00	4,47
T1	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	64,00	4,27
T2	5	4	3	4	5	4	4	5	4	4	3	4	4	5	4	62,00	4,13
T3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	4	49,00	3,27

Ti	PANELISTAS															Rj	PROMEDIOS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
T0	2	4	3,5	3	2	4	3	3,5	4	4	3	2,5	4	2,5	2,5	47,50	3,17
T1	2	2,5	3,5	3	3,5	2,5	3	1,5	2,5	2,5	4	4	2	2,5	2,5	41,50	2,77
T2	4	2,5	1,5	3	3,5	2,5	3	3,5	2,5	2,5	1,5	2,5	2	4	2,5	41,00	2,73
T3	2	1	1,5	1	1	1	1	1,5	1	1	1,5	1	2	1	2,5	20,00	1,33

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL
ATRIBUTO ACEPTABILIDAD****Pruebas NPar****Prueba de Friedman****Rangos**

	Rango promedio
T0	3,17
T1	2,77
T2	2,73
T3	1,33

Estadísticos de prueba^a

N	15
Chi-cuadrado	23,277
gl	3
Sig. asintótica	,000

a. Prueba de Friedman

Análisis univariado de varianza

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: ACEPTABILIDAD

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	28,967 ^a	17	1,704	2,647	,005
Interceptación	375,000	1	375,000	582,614	,000
PANELISTA	,000	14	,000	,000	1,000
TRATAMIENTO	28,967	3	9,656	15,001	,000
Error	27,033	42	,644		
Total	431,000	60			
Total corregido	56,000	59			

ACEPTABILIDAD

Duncan^{a,b}

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
3,00	15	1,3333	
2,00	15		2,7333
1,00	15		2,7667
,00	15		3,1667
Sig.		1,000	,170

ANEXO 8

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL PAN FRANCÉS (TRIGO/YUCA)

ANEXO 9
REGISTRO FOTOGRÁFICO









