

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**ENRIQUECIMIENTO DEL PAN DE TRIGO (*Triticum vulgare*) POR SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y SU
FORTIFICACIÓN CON ACETATO DE CALCIO DE LA CÁSCARA DE HUEVO.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

ALEXANDRO YURI JIMENEZ HUASHUAYO

LUCIA INDIRA CARBAJAL ROLDAN

ABANCAY 17 DE ENERO 2016

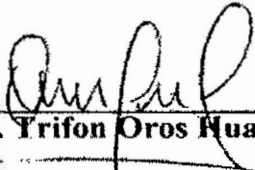
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS

**ENRIQUECIMIENTO DEL PAN DE TRIGO (*Triticum vulgare*) POR
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y
SU FORTIFICACIÓN CON ACETATO DE CALCIO DE LA CÁSCARA DE
HUEVO.**



Mgt. Trifon Oros Huayhua
Presidente



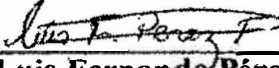
Ing. Rogelio Sillo Sillo

Primer Miembro




Ing. Alex Ernesto Muñoz Cáceres

Segundo Miembro



Mgt. Luis Fernando Pérez Falcón

Asesor



Alejandro Yuri Jiménez Huashuayo

Tesista



Lucía Indira Carbajal Roldán

Tesista

TÍTULO DE TESIS

**ENRIQUECIMIENTO DEL PAN DE TRIGO (*Triticum vulgare*) POR SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y SU
FORTIFICACIÓN CON ACETATO DE CALCIO DE LA CÁSCARA DE HUEVO.**



DEDICATORIA

A Dios por la vida que nos ha dado; de la misma manera con mucho afecto a nuestros padres; quienes con su apoyo incondicional, sus consejos, pero sobre todo con su amor, nos impulsaron a ser realidad nuestras metas y objetivos.



AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a nuestro asesor de la tesis Ing. Luis Fernando Pérez Falcón; por su valiosa orientación profesional, y su colaboración desinteresada durante el desarrollo y estructuración de esta investigación.

Así mismo nuestras más sinceros agradecimientos a los docentes de la Universidad nacional Micaela Bastidas de Apurímac en forma particular, al Ing. Jorge Mendoza Cáceres y Víctor Sarmiento.



INDICE

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción	5
-------------------------	---

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Kiwicha	7
2.1.1. Composición nutricional de la kiwicha	8
2.1.2. Harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>):	10
2.2. Trigo (<i>Triticum vulgare</i>).....	11
2.2.1. Harina trigo	11
2.2.2. Composición química de la harina de trigo	12
2.2.3. Proteína	12
2.3. Harinas sucedáneas	13
2.4. El calcio.....	14
2.4.1. Funciones del calcio	15
2.4.2. Deficiencia de calcio	15
2.4.3. Toxicidad del calcio	16
2.4.4. Suplemento de calcio dietético	16
2.5. Cascara de huevo de gallina (<i>gallus gallus</i>)	18
2.6. Enriquecimiento	20
2.7. Fortificación	20
2.8. Pan	22
2.9. Tecnología de panificación	25
2.9.1. Método de esponja (masa madre)	26
2.9.2. Directo	27
2.10. Mezclado y amasado	28
2.10.1. Fermentación	29
2.10.1.1. Procesos químicos en la fermentación	31
2.11. Horneado o cocción del pan	34
2.11.1. Fenómenos físicos	34

2.11.2. Fenómenos bioquímicos	36
2.12. Evaluación sensorial	36
2.12.1. Pruebas afectivas	37
2.12.2. Pruebas de satisfacción	38
2.13. Evaluación de la calidad de la proteína	38

III. METOLOGÍA

3.1. Diseño utilizado	41
3.1.2 Diseño de la investigación	41
3.1.2 Diseño experimental	41
3.2. Unidad experimental	42
3.3. Análisis estadístico	42
3.4. Población	42
3.5.1 Características y delimitaciones	42
3.5.2 Ubicación espacial – temporal	42
3.5. Muestra	43
3.6. Lugar de ejecución	43
3.6.1 Localización del experimento y ubicación geográfica	43
3.7. Procedimiento experimental	44
3.7.1 Materia, equipo e insumos	44
3.7.2 Etapa I: Trabajo experimental	44
3.7.2.1 Colección de la muestra de kiwicha	44
3.7.2.2 Molienda de la kiwicha	45
3.7.2.3 Extracción de calcio de la cascara de huevo	45
3.7.2.4 Análisis químico proximal de la harina de kiwicha y harina de trigo	45
3.7.3 Etapa II: Elaboración del pan	46
3.7.3.1 Métodos empleados	46
3.7.3.2 Formulación del pan	46
3.7.3.3 Procedimiento	48

3.7.3.4 Descripción del proceso de elaboración del pan	49
3.7.3.4.1 Control de insumos	49
3.7.3.4.2 Primer amasado (masa madre)	49
3.7.3.4.3 Primera fermentación.....	49
3.7.3.4.4 Segundo amasado	49
3.7.3.4.5 División / moldeado	50
3.7.3.4.6 Fermentación final	50
3.7.3.4.7 Horneado	50
3.7.3.4.8 Almacenado	50
3.7.4 Etapa III: Evaluación del producto del pan	50
3.7.4.1 Análisis químico proximal del pan	51
3.7.4.1.1 Humedad	51
3.7.4.1.2 Cenizas	51
3.7.4.1.3 Proteína	51
3.7.4.1.4 Grasa	51
3.7.4.1.5 Carbohidratos	51
3.7.4.1.6 pH	52
3.7.4.1.7 Acides titulable	52
3.7.4.2 Evaluación nutricional del pan	52
3.7.4.2.1 Determinación del PER	52
3.7.4.2.2 Determinación del valor calórico	52
3.7.4.3 Evaluación organoléptica	53
3.7.4.3.1 Características organolépticas	53
3.7.4.3.2 Aceptabilidad del pan	54

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis químico de la materia prima	55
4.2. Resultados del producto final (Pan)	56
4.2.1. Análisis Organolépticos.....	56
4.2.1.1. Análisis multifactorial- color del pan	58

4.2.1.2. Análisis multifactorial- aroma del pan.....	60
4.2.1 .3. Análisis multifactorial- sabor del pan.....	61
4.2.1.4. Análisis multifactorial- textura del pan	63
4.2.2. Análisis de la aceptabilidad	65
4.2.3. Análisis químico proximal y fisicoquímico del pan	66
4.2.4. Resultados de ganancia de peso y consumo de alimentos por las ratas ...	70
4.2.5. Resultados de la evaluación del índice de eficiencia proteica (P.E.R.).....	72
4.2.6. Determinación del valor calórico	73
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones	75
5.2. Recomendaciones.....	77
VI. BIBLIOGRAFIA	
VII. BIBLIOGRAFIA	78
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA	83
VIII. ANEXOS	
ANEXOS 1 Metodología de extracción de calcio en solución casera según Gómez (2011)	86
ANEXOS 2 Formulación para determinar la cantidad de acetato de calcio	87
ANEXOS 3 Ficha de Evaluación dIe los Panes.....	88
ANEXOS 4 Determinación de proteínas por micro Kjeldahl por Método 12.1.07 (A.O.A.C, 2000):.....	89
ANEXOS 5 Determinación de humedad (método gravimétrico), según método aplicado (NTP 209.2064-2001).....	91
ANEXOS 6 Determinación de cenizas método (NTP209.265-2001).....	92
ANEXOS 7 Determinación del Índice de Eficiencia Proteica (PER).....	93
ANEXOS 8 Determinación de calcio en el alimento.....	94
ANEXOS 9 Formato para la prueba de aceptación	96
ANEXOS 10 Extracción directa de grasa método soxhlet.....	97

ANEXOS 11 Datos obtenidos de la evaluación sensorial de los panes elaborados con harina de trigo y harina de kiwicha	98
ANEXOS 12 Datos obtenidos de la aceptabilidad de los panes elaborados con harina de trigo y harina de kiwicha	99
ANEXOS 13 Análisis multifactorial - Color	100
ANEXOS 14 Análisis multifactorial – Aroma	102
ANEXOS 15 Análisis multifactorial – Sabor	104
ANEXOS 16 Análisis multifactorial – Textura	106

IX. FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Flujo de la Elaboración De Pan Enriquecido con Harina de Kiwicha y Fortificado con Calcio por el Método Esponja	48
Figura 2 Promedio de la variable Color	59
Figura 3 Promedio de la variable Aroma	60
Figura 4 Promedio de la variable Sabor	62
Figura 5 Promedio de la variable Textura	64
Figura 6 Resultado de la encuestas de aceptabilidad del pan elegido	65
Figura 7 Ganancia de peso de ratas	71

X. TABLAS

Tabla 1 Contenido de Aminoácidos en la Kiwicha (g/100 g de proteínas).....	8
Tabla 2 Composición promedio en 100 g. de porción comestible	10
Tabla 3 Composición Química de la harina de Trigo (por 100 g)	12
Tabla 4 Análisis químico de cáscara de huevo de gallina	18
Tabla 5 Porcentaje de Calcio extraído en las distintas soluciones caseras	20
Tabla 6 Fenómenos que ocurren al variar la temperatura de cocción de masa penaría.	35
Tabla 7 Cantidad requerida de ingredientes para cada muestra de pan	47
Tabla 8 El método esponja a seguir se hará de acuerdo al siguiente	47

Tabla 9 Análisis Químico de la harina de Kiwicha y harina de trigo	55
Tabla 10 Puntajes promedio de las características organolépticas de los panes (escala del 1 al 9).....	56
Tabla 11 Pruebas de significancia en organoléptico: T de una muestra A1, A2, B1, B2, C1, C2.....	58
Tabla 12 Análisis fisico-químico del pan, sus sustituciones de harina de Kiwicha fortificado con acetato de calcio.....	67
Tabla 13 Prueba de significancia en grasa: Prueba T e IC de dos muestras.	68
Tabla 14 Cantidad de calcio por unidad de Pan	69
Tabla 15 Pruebas de significancia en calcio: Prueba T e IC de dos muestras.....	70
Tabla 16 Resultados de Ganancia en peso y consumo de Alimentos por las ratas	71
Tabla 17 Resultado de la Evaluación del Índice de Eficiencia Proteica (P.E.R)	72
Tabla 18 Valor calórico del p	

RESUMEN

El propósito de esta investigación es desarrollar un producto con alto valor nutritivo como alternativa de solución a la desnutrición en Apurímac que reemplace parcialmente a la harina de trigo como elemento principal en los productos panarios y la inclusión del acetato de calcio de la cascara de huevo como fortificante. A fin de solucionar parcialmente la desnutrición en la región.

El objetivo de este trabajo de investigación es enriquecer el pan de trigo (*Triticum vulgare*) con harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y fortificar con acetato de calcio de la cáscara de huevo en función a la aceptabilidad del pan.

En la presente investigación se ha evaluado el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha y la fortificación con acetato de calcio en la elaboración del pan. Para lo cual se planteó siete tratamientos que involucra tres niveles de sustitución (5%, 10% y 15%) harina de kiwicha, dos de fortificación (100 mg y 150 mg) calcio y el testigo sin sustitución ni fortificación.

El análisis químico-proximal realizados en las harina de kiwicha dio un contenido de $13.16 \pm 0.64\%$ de proteína, $2.3 \pm 0.32\%$ de cenizas y $12.45 \pm 0.49\%$ de humedad, y en la harina de trigo fue $12.25 \pm 0.28\%$ de proteína, $0.7 \pm 0.42\%$ de cenizas y $13.3 \pm 0.37\%$ de humedad.

El método usado para la elaboración del pan es el de esponja, dando resultados favorables durante el proceso de elaboración de los panes.

El análisis organoléptico se efectuó en las siete formulaciones realizadas cumplieron con las normas y fueron aceptadas, la formulación óptima de la harina compuesta para la elaboración del pan fue la que estuvo conformado por 90% de harina de trigo, 10% de harina de kiwicha y 100 mg de calcio, el producto presentó las propiedades nutricionales: $10.0 \pm 0.13\%$ de proteínas, $53.3 \pm 0.12\%$ de carbohidratos, $6.6 \pm 0.29\%$ de grasa, $3.7 \pm 0.18\%$ de cenizas y $23.2 \pm 0.09\%$ de humedad. Finalmente, el pan preferido mostró un valor de PER de 1.45.

Los valores calóricos de los panes (sustitución al 5%, 10% y 15 %) fueron de 311.7, 313.6 y 314,9 kcal/100 g, respectivamente.

El pan que obtuvo mayor puntuación en el análisis organolépticos (aroma, color, sabor y textura), es la formulación 95% de harina de trigo, 5% de harina de kiwicha y 100 mg de calcio, con un valor de 7.63 ± 0.57 en la escala hedónica cuyo valor se encuentra entre me gusta moderadamente y me gusta mucho. Este resultado fue similar a la muestra patrón.

La incorporación de harina de kiwicha a la formulación del pan no varió significativamente la calidad biológica de la proteína, obteniéndose el índice de eficiencia proteica (PER) corregido 1.76 en el pan sin enriquecer, 1.86, 1.86 y 1.93 en los panes enriquecidos con harina de kiwicha al 5%, 10% y 15%, respectivamente. Por lo cual se concluye que la adición de la harina de kiwicha no influye significativamente en el índice de eficiencia proteica.

SUMMARY

The purpose of this research is to develop a product with high nutritional value as an alternative solution to malnutrition in Apurímac that partially replace wheat flour as the main element in bread products and the inclusion of calcium acetate in the eggshell As fortifier. In order to partially solve undernutrition in the region, the aim of this research is to develop a product with high nutritional value as an alternative solution to malnutrition in Apurímac that partially replaces wheat flour as the main element in bread products and inclusion Of the calcium acetate of the eggshell as fortifier. In order to partially solve malnutrition in the region.

The objective of this research work is to enrich wheat bread (*Triticum vulgare*) with kiwifruit flour (*Amaranthus caudatus*) and to fortify with calcium acetate from the eggshell according to the acceptability of the bread.

In the present research the effect of the partial substitution of wheat flour for kiwifruit flour and fortification with calcium acetate in the bread making process has been evaluated. For that, seven treatments were proposed involving three levels of substitution (5%, 10 % and 15%), two fortification (100 mg and 150 mg) and the control without substitution or fortification.

The chemical-proximal analysis performed on kiwifruit flour gave a content of $13.16 \pm 0.64\%$ protein, $2.3 \pm 0.32\%$ ash and $12.45 \pm 0.49\%$ moisture, and in wheat flour was $12.25 \pm 0.28\%$ protein, $0.7 \pm 0.42\%$ of ash and $13.3 \pm 0.37\%$ of humidity.

The method used to make bread is sponge, giving favorable results during the breeding process.

The organoleptic analysis was carried out in the seven formulations carried out that met the standards and were accepted. The optimum formulation of the composite flour for bread production was 90% wheat flour, 10 % kiwifruit flour and 100 mg of calcium, the product presented nutritional properties: $10.0 \pm 0.13\%$ protein, $53.3 \pm 0.12\%$ carbohydrates, $6.6 \pm 0.29\%$ fat, $3.7 \pm 0.18\%$ ash and $23.2 \pm 0.09\%$ moisture. Finally, the preferred bread showed a PER value of 1.45.

The caloric values of loaves (5%, 10% and 15% substitution) were 311.7, 313.6 and 314.9 kcal / 100 g, respectively.

The highest scoring bread in the organoleptic analysis (aroma, color, flavor and texture) is the formulation 95% wheat flour, 5% kiwifruit flour and 100 mg calcium, with a value of 7.63 ± 0.57 in The scale edonic whose value is between I like moderately and I really like. This result was similar to the standard sample.

The incorporation of kiwifruit flour into the bread formulation did not significantly alter the biological quality of the protein, resulting in a corrected protein efficiency index (PER) of 1.74 in unprocessed bread, 1.86, 1.86 and 1.93 in bread flour enriched with Kiwicha at 5%, 10% and 15%, respectively. Therefore, it is concluded that the addition of kiwifruit flour does not significantly influence the protein efficiency index.

I. INTRODUCCION

En el mundo se ha incrementa de forma alarmante la desnutrición, por falta de una adecuada política alimentaria; sobre todo, este mal está presente en los países en vía de desarrollo, en donde la escasez de alimentos y mal nutrición, originan muchas enfermedades.

En Apurímac, según MINSA (2014) la desnutrición crónica es 28.3%. Lo cual es resultado de la escasez de carbohidratos, grasas, proteínas y micronutrientes (calcio) en la dieta diaria alimentaria.

El consumo de harina de trigo es alto, especialmente entre los sectores de bajos ingresos, siendo los productos de panificación (panes, galletas, bizcochos) las principales formas de consumo, proporcionando un alto porcentaje de calorías a la población. Sin embargo las proteínas provenientes del trigo tienen un bajo valor biológico atribuible a una inadecuada proporción de lisina-treonina, por lo cual la utilización de la harina de kiwicha, en la formulación de pan estaría ampliamente justificada pues no sólo permitiría una mayor cobertura alimenticia de la población sino que además tendrían un valor nutritivo muy superior, por ser un producto rico en aminoácidos esenciales.

El huevo es parte de la dieta básica de la población apurimeña, donde se generan grandes volúmenes de cáscara como desechos y este subproducto no es aprovechado, desperdiciándose su gran contenido de calcio, siendo éste uno de los principal micronutrientes importantes en la alimentación del ser humano, entre las cuales es el acetato de calcio una de las formas de consumo de calcio.

Es así que en la presente investigación se pretende obtener un pan con alto valor nutritivo, y además de bajo costo y de consumo masivo.

El objetivo general de la presente investigación es enriquecer el pan de trigo (*Triticum vulgare*) con harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y fortificar con acetato de calcio de la cáscara de huevo en función a la aceptabilidad del pan; con la finalidad de poner a consideración de los consumidores un producto con alto valor nutritivo.

Como objetivos específicos se tiene.

- Determinar el porcentaje óptimo de sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de kiwicha y la concentración de acetato de calcio en función a las características organolépticas (aroma, color, sabor, textura) del pan.
- Determinar el porcentaje óptimo de sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de kiwicha y la concentración de acetato de calcio en función a su aceptabilidad del pan.
- Determinar el porcentaje óptimo de sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de kiwicha y la concentración de acetato de calcio en función al análisis químico proximal (humedad, proteína, grasa, ceniza y calcio), fisicoquímico (pH, acidez titulable) del pan.
- Determinar el porcentaje óptimo de sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de kiwicha y la concentración de acetato de calcio en función a su valor proteico y nutritivo del pan.

II. MARCO TEORICO

2.1. Kiwicha (*Amaranthus caudatus*)

Es una planta amarantácea de rápido crecimiento con hojas, tallos y flores moradas, rojas y doradas que crece en el Perú y en las regiones altas de Ecuador, Bolivia y Argentina. Alrededor de 1.200 variedades aún se mantienen en los Andes (Izquierdo, 1997).

Se encuentra en forma silvestre, y toleradas dentro de los cultivos, hay muchas especies de *Amaranthus*; en los Andes las más importantes son: *A. hybridus*; *A. spinosus*, *A. dubius*, *A. palmeri*, *A. viridis*, *A. blitum* y *A. tricolor*. En el Perú las variedades más conocidas de KIWICHA son:

- Noel Vietmeyer: de grano rosado y no usado como hortaliza.
- Oscar Blanco - Canaan INIAA: de grano blanco y usado como hortaliza.
- Centenario: de grano blanco y usado como hortaliza.
- La kiwicha INIA 413 Morocho Ayacuchano.
- Chullpi: con granos de tipo reventón, adecuados para cocción en seco.
- Alan García: de pequeño tamaño y susceptible a enfermedades (parafrasear).

Se encuentran asociadas a cultivos de maíz y otros; generalmente poseen semillas oscuras y en condiciones adecuadas de fertilidad pueden desarrollar gran vigor y tamaño, las hojas se aprovechan en la alimentación humana (Rojas. S, Sánchez. U. 2011).

2.1.1. Composición nutricional de la kiwicha

La kiwicha es un alimento rico en proteínas, minerales como: Calcio, fósforo, hierro y en vitaminas. El contenido de proteínas es mayor que los cereales comerciales de mayor difusión mundial, trigo, maíz y arroz, y supera ligeramente a la quinua (Sumar L. 1996).

En comparación con la del trigo y otros cereales es muy fina y suave. No es necesario separarla de la harina, es más juntas constituyen una gran fuente de energía. Los granos de almidón varían en diámetro de 1 a 3.5 micrones, y mucho más pequeños que los del trigo y el maíz. Su estructura diminuta los hace útiles en la industria. Se caracteriza por tener todos los aminoácidos esenciales que requiere nuestro organismo, principalmente la lisina. No contiene saponinas ni alcaloides (Izquierdo, 1997).

Tabla 1. Contenido de Aminoácidos en la Kiwicha (g/100 g de proteínas)

Aminoácido	g	Aminoácido	g	Aminoácido	g
Lisina	6.2	Serlina	5.7	Metionina	2.3
Histidina	2.8	Prolina	4.1	Isoleucina	3.9
Arginina	10.6	Glicina	7.3	Leucina	5.9
Acido Aspártico	8.9	Alanina	4.2	Tirosina	4.1
Ac. Glutámico	17.2	Valina	4.4	Fenilamina	4.3
Treonina	3.7	Cistina	1.6		

Fuente: Collazos C. 1998

El balance de aminoácidos está cercano al requerido para la nutrición humana y su aminoácido más limitante es la leucina que permite que la proteína de *A. caudatus* se absorba y utilice hasta el 70%, cifra que asciende hasta el 79% según las variedades. El cómputo aminoacídico es de 86% en A,

Hipochondriacus y de 77% en *A. cruentus*. Se puede apreciar el alto valor biológico de su proteína comparándola con los cálculos químicos de la proteína del trigo (73%) y soya (74%). Lo que destaca de la proteína del amaranto es su alto contenido en lisina comparado con otros cereales, lo que permite una excelente complementación aminoacídica con las proteínas de maíz, arroz y trigo.

La proteína de la kiwicha se encuentra principalmente en el embrión (65%), a diferencia de otros cereales como maíz, arroz y soya que presentan sobre el 80% de la proteína en el endospermo. La semilla de amaranto contiene entre 5 y 8% de grasa y su aceite es reconocido por ser la fuente vegetal con mayor concentración de escualeno, aproximadamente 6%. Los principales ácidos grasos presentes en el aceite de amaranto son el ácido oleico y el ácido linolénico. También contiene gran cantidad de minerales, principalmente calcio, magnesio y hierro (Collazos, 1998).

Tabla 2. Composición promedio en 100 g. de porción comestible

Componentes Mayores (g)	Kiwicha Cruda	Kiwicha tostada
Energía (Kcal.)	377	428
Agua	12.0	0.7
Proteínas	13.5	15.5
Grasa	7.1	7.8
Carbohidratos	64.5	74.3
Fibra	2.5	3.0
Ceniza	2.4	2.7
Minerales (mg)		
Calcio (Ca)	236	283
Potasio (K)	640	800
Fósforo (P)	453	502
Fierro (Fe)	7.50	8.10
Vitaminas (mcg)		
Retinol / Vitamina A	-	-
Tiamina / Vitamina B1	0.30	0.14
Riboflavina / Vitamina B2	0.01	0.32
Niacina	0.40	1.30
Vitamina C	1.30	3.00

Fuente: Collazos C. 1998

2.1.2. Harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*)

Las harinas pueden ser elaboradas de semillas crudas, tostadas o germinadas, el grano de Kiwicha es acondicionado previamente y pasado por un tratamiento térmico (Tostado) a 168°C con el fin de mejorar sus características organolépticas y de digestibilidad. Posteriormente es molido obteniendo las siguientes fracciones: quiebra, reducción, granillo y salvado. La Harina se obtiene del mismo proceso, a partir del tamizado por malla N° 40 finalmente esta es mezclada y uniformizada para obtener el producto final. La Harina de Kiwicha es un producto que fácilmente puede ser ingerido por niños y adultos mayores, es el complemento en jugos de frutas, leche, yogurt

y por sus características puede ser usado en la repostería y panadería para la elaboración de galletas, panes, tortas y otros (Collazos, 1998).

2.2. Trigo (*Triticum vulgare*)

Es el más importante de los cereales. Los granos o semillas se muelen para obtener harina, siendo la harina de trigo la más utilizada para la panificación y pastelería.

Se considera al trigo como el mejor cereal para la panificación por la proteína que se forma al combinarse con el agua gluten (sustancia elástica y consistente que proporciona las características y estructura del pan.)

2.2.1. Harina de trigo

Según la Legislación peruana, harina es el producto resultante de la molienda del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) con o sin separación parcial de la cáscara (ITINTEC, 1982). La designación “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo.

La harina de trigo tiene gluten que 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.

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%.

El valor panadero de un trigo está representado, por la aptitud de la harina para dar un buen pan, en condiciones de trabajo y rendimiento acordes con la fabricación normal.

2.2.2. Composición química de la harina de trigo

En la tabla 3 se presenta la composición química en 100 gramos de porción comestible, de la harina de trigo o harina blanca, de la harina integral y de la harina empleada en la producción de pan en Guatemala que se encuentra fortificada.

Tabla 3. Composición Química de la harina de Trigo (por 100 g)

Componentes	Mínimo	Máximo
Humedad (%)	13	15
Grasa (%)	1	1.5
Proteína (%)	12	13.5
Hidratos de carbono (%)	67	71
Fibra (%)	3	11
Cenizas (%)	0.55	1.5

FUENTE: Calaveras J. (1996).

2.2.3. Proteína

Las proteínas contenidas en la harina, las podemos dividir en dos grupos:

1. forman masa: 15%. Son aquellas proteínas solubles y que no forman gluten como la albúmina, globulina y péptidos. No tienen importancia para la panificación.

2. Forman masa 85%. Son aquellas proteínas insolubles, como la gliadina (proteína que confiere flujo viscoso a la masa) y glutenina (confiere elasticidad y extensibilidad a la masa), que al contacto con el agua forman una red que atrapa los granos de almidón, absorben cerca del doble de su peso en agua, constituyendo el gluten.

Durante el amasado se transforman en una masa parda y pegajosa, responsable principal de las propiedades físicas de la masa, dotándola entre otras cualidades, de la capacidad de retener los gases que se producen durante el proceso de fermentación. Con la cocción se coagulan formando la estructura que mantiene la forma de la pieza cocida. El contenido en gluten es característico del trigo, hablándose de trigos duros cuando su contenido es mayor al 13% (Calvel, R.1983).

2.3. Harinas sucedáneas

A los productos obtenidos de la molienda de otros granos cereales, menestras, tubérculos y raíces le corresponde la denominación de “harina” seguida del nombre del vegetal de que provienen. A este tipo de harinas se les denomina sucedáneas según ITINTEC (1976) y (Enmendados. 1989).

➤ **Uso de harinas sucedáneas en panificación**

Destinadas a ser mezcladas con harina de trigo para emplearse en la elaboración de productos alimenticios. Las harinas más habituales son: procedentes de leguminosas de grano alimenticias, kiwicha, tarwi, quinua, centeno, cebada, maíz, arroz, patatas y

soja; no obstante, es frecuente, que se use harina de legumbres y frutos secos (Carrera P.1995).

La sustitución de parte de la harina de trigo con harinas de cultivos andinos permitirá mejorar el valor nutritivo del pan y otros productos elaborados en base a este cereal.

Los productos de panadería constituyen un sector sustancial de la industria alimentaria, siendo uno de sus principales atractivos su variedad de tipos. Los panes tradicionales se fabrican generalmente con harina de trigo, sin gran cantidad de salvado y pueden tener añadidas pequeñas cantidades de otras harinas o almidones, para conseguir sabores o propiedades estructurales especiales. Sin embargo, como la confección de panes se ha extendido a países donde la harina de trigo no es muy abundante, o constituye una materia prima de importación cara, es deseable considerar otros materiales feculentos que se pueden utilizar en la confección de galletas o productos análogos; razón por la cual es imprescindible partir de las costumbres alimentarias regionales para evaluar la combinación de harinas sucedáneas obtenidas de tubérculos, raíces, y frutos como la sachapapa blanca y morada, pijuayo, kañiwa, pituca, pan de árbol, entre otros.

2.4. El calcio

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo. En condiciones normales se absorbe de un 30 a 50%. Conformar cerca del 1,5 al 2% del peso corporal. El 99% del calcio se encuentra en huesos y dientes. El restante 1% está en la sangre y los líquidos extracelulares y dentro de las células de los tejidos blandos. (Genaro A, Remington F. (2003)

Según las RDI (Ingesta Dietética Recomendada) la recomendación de calcio para niños de 4-8 años es de 800mg/día; para hombres y mujeres entre 9 y 18 años es de 1300 mg/día; para personas entre 19-30 años es de 1000 mg/día.

Durante el embarazo la recomendación no se ve aumentada durante este período. No hay evidencia que la ingesta de calcio en mujeres lactantes deba ser incrementada por encima de las mujeres no lactantes. (Guyton, A. 1987).

2.4.1. Funciones del calcio

Regula muchas funciones metabólicas importantes de las células de los tejidos blandos. Además de su función en la construcción y mantenimiento de huesos y dientes, el calcio también afecta la función de transporte de las membranas celulares, quizá actuando como un estabilizador de membrana. También influye en la transmisión de iones a través de las membranas de los organelos celulares, la liberación de neurotransmisores en las uniones sinápticas, la función de hormonas proteicas y la liberación o activación de enzimas intracelulares y extracelulares.

Se requiere calcio en la transmisión nerviosa y en la regulación de los latidos cardiacos (Guyton, A. 1987).

2.4.2. Deficiencia de calcio

Cuando la deficiencia es a largo plazo y desde etapas tempranas de la vida, puede causar entre otras consecuencias: Deformidades Óseas, entre ellas la osteomalacia, raquitismo y osteoporosis. La osteoporosis es un trastorno

metabólico en el que la masa ósea se reduce sin cambios en la composición corporal, conduciendo a un riesgo incrementado para fracturas con la más mínima tensión. La deficiencia de calcio también puede conducir al raquitismo, una enfermedad relacionada con la malformación de los huesos en niños, debido a una mineralización deficiente de la matriz orgánica. Los huesos raquíticos no pueden sostener el peso y tensión ordinaria, que resultan en un aspecto de piernas arqueadas, rodillas confluentes, tórax en quilla y protuberancia frontal del cráneo (Guyton, A. 1987). Tetania: niveles muy bajos de calcio en sangre aumentan la irritabilidad de las fibras y los centros nerviosos, lo que resulta en espasmos musculares conocidos como calambres, una condición llamada tetania (Tórtora, G.1999).

2.4.3. Toxicidad del calcio

Una ingesta elevada de calcio y la presencia de un elevado nivel de vitamina D, puede constituir una fuente potencial de hipercalcemia, es posible que esto favorezca a la calcificación excesiva en huesos y tejidos blandos. También estas ingestas elevadas intervienen con la absorción de hierro, lo mismo para el zinc (Alais, C y Linden, C 1990).

2.4.4. Suplemento de calcio dietético

Los suplementos de calcio son usados para prevenir y tratar las deficiencias de calcio. La mayoría de expertos recomiendan que los suplementos deben ser tomados con las comidas y no más de 600 mg deben ser ingeridos al mismo tiempo, debido a que el porcentaje de calcio absorbido disminuye a

medida que la cantidad de calcio en el suplemento aumenta (Calvaresi, B y Hughes, D. 2002).

1. El Carbonato de calcio, es el más común y extenso suplemento utilizado.

La absorción de este componente es similar a la absorción del calcio en la leche. La mayoría de personas digieren muy bien este suplemento, algunas llegan a desarrollar problemas gastrointestinales o gases. El carbonato de calcio es 40% calcio elemental (1000 mg aportan 400 mg calcio) (Berk, Z.1990).

2. Citrato de calcio, puede ser ingerido sin alimentos y es el recomendado para

personas que sufran de aclorhidria o quienes toman inhibidores de la bomba de protones o de histamina. Es más fácilmente digerido y absorbido que el carbonato de calcio si se ingiere con el estómago vacío y causa menos constipación y gases que el carbonato. También tiene menor riesgo a favorecer la formación de cálculos renales. El citrato es cerca de 21% calcio elemental (1000 mg aportan 210 mg de calcio) (Berk Z. 1990).

3. Acetato de calcio, también es utilizado como un suplemento de 1.4 g a 2.8

g con cada comida, en pacientes adultos dializados. La dosis inicial debe ser baja e incrementarse hasta lograr una fosfatemia de 6mg/dl, mientras no se desarrolle hipercalcemia. El acetato de calcio administrado por vía oral se absorbe por vía sistémica hasta en un 40% en ayunas y hasta en un 30% en condiciones de no ayuno (Berk Z .1990).

2.5. Cascara de huevo de gallina (*Gallus gallus*)

La cáscara de huevo de gallina químicamente está compuesta de 1.6% de agua, 95.1% de minerales, de los cuales 93.6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita, 0.8% de carbonato de magnesio y 0.73% de fosfato tricálcico, y finalmente 3.3% de materia orgánica (Alais, C y Linden, C 1990).

Tabla 4. Análisis químico de cáscara de huevo de gallina

Ensayo	Análisis	Unidad de medida
Arsenico	<3.0	Ppm
Antimonio	<0.10	Ppm
Metales pesados	<20	Ppb
Mercurio	0.025	Ppm
Selenio	00055	Ppm
Plata	8.29	Ppm
Sulfuro	0.034	%
Aluminio	<20	Ppm
Bario	30.9	Ppm
Cadmio	<5	Ppm
Calcio	655000	Ppm
Cromo	<10	Ppm
Cobalto	<5	Ppm
Cobre	<2.5	Ppm
Hierro	10	Ppm
Magnesio	5440	Ppm
Manganeso	<1.5	Ppm
Niquel	<4	Ppm
Fósforo	1470	Ppm
Potasio	<500	Ppm
Sodio	610	Ppm
Vanadio	<5	Ppm
Zinc	3.04	Ppm

Fuente: INCAP, OPS (2007)

El porcentaje de calcio presente en la cascara de huevo no varía independientemente de la raza, procedencia (patio o industria), ya que la gallina brinda al cascaron la cantidad necesaria de calcio para su correcta formación. (Weernle, H 1996).

Extracción de calcio de cascara de huevo

El acetato de calcio se obtiene a partir de la reacción del ácido acético (vinagre) con el carbonato de calcio (cascara de huevo).

- Recolectar cáscaras de huevo, de tamaño mediano (comercial).
- Colocar los cascarones en un recipiente y agregar una solución desinfectante previamente preparada con 0.5 L de agua del chorro con 3 gotas de hipoclorito de sodio al 4.72% (comúnmente denominado en casa como “cloro”), dejando reposar 30 minutos.
- Desaguar con agua purificada a temperatura ambiente hasta no observar espuma ni sentir sensación jabonosa.
- Colocar en bandeja de horno y secar a 70°C.
- Pulverizarlas en un mortero o en un molino de mano.
- Tamizar por mesh No. 20 (colador de cocina) para uniformizar el tamaño de partícula.
- Colocar en un beacker con capacidad de 500 ml, la cáscara de huevo triturada lavada y seca.
- Agregar con ayuda de una pipeta volumétrica de 10mL de vinagre (ácido acético 5%) en beaker. Para 0.1 g de cáscara de huevo triturada lavada y seca.
- Dejar reposar por 20 minutos.
- Filtrar con tela Organdy, mesh No.44, trasvasando a erlenmeyer.

- Secar en la estufa a 40°C por 30 minutos.

Tabla 5. Porcentaje de Calcio extraído en las distintas soluciones caseras

Solución casera	Promedio % CaCO ₃ extraído	Promedio % Ca ⁺² extraído	Desviación Estándar	t	P
Jugo de Limón	23.72%	8.90%	2.445	-1.75	0.1027
Leche	0.32%	0.13%	0.179	-220.56	1
Jugo de naranja	36.37%	14.57%	1.165	15.69	<0.00001
Vinagre	66.12%	26.48%	1.206	54.66	<0.00001
Agua hervida 5'	47.95%	19.20%	0.154	238.96	<0.00001

Fuente: Diana L, Gómez R (2011).

2.6. Enriquecimiento

El enriquecimiento es el proceso en el cual se adicionan los micronutrientes que han perdido o disminuido en su potencia los productos que de forma natural los contiene, estas pérdidas son generadas por el proceso de transformación industrial (FAO 2002).

2.7. Fortificación

La fortificación se ha definido como la adición de uno o más nutrientes a un alimento a fin de mejorar su calidad para las personas que lo consumen, en general con el objeto de reducir o controlar una carencia de nutrientes. Esta estrategia se puede aplicar en naciones o comunidades donde hay un problema o riesgos de carencia de nutrientes (FAO 2002).

Criterios o principios para la fortificación

- **Carencia comprobada de micronutrientes en la población.** Los datos dietéticos, clínicos o bioquímicos deben mostrar que existe una carencia de un nutriente específico, en algún grado y en un número significativo de individuos en la población cuando consumen su dieta habitual, o que existe un riesgo de ello. (FAO 2002).
- **Amplio consumo del alimento por fortificar.** El alimento que se ha de fortificar debe ser consumido por un número significativo de la población que presenta la carencia del nutriente cuya fortificación se considera. (FAO 2002).
- **Conveniencia del alimento y el nutriente en conjunto.** Al agregar el nutriente al alimento no se debe crear ningún problema serio de tipo organoléptico. Los productos se deben mezclar bien y este proceso de mezcla no debe producir una reacción química no deseable, cualquier sabor desagradable o cambios en el color o el olor, o cualquier otro tipo de característica inaceptables (FAO 2002).
- **Sin aumento sustancial en el precio del alimento.** Es importante considerar el impacto de la fortificación en el precio del alimento que se ha de fortificar. Si al agregar el nutriente sube demasiado el precio del alimento, su consumo disminuirá sobre todo entre los pobres cuyas familias se encuentren en mayor riesgo de carencia. Si la fortificación aumenta el precio del alimento, entonces es posible que se considere subsidiar el costo (FAO 2002).

2.8. Pan

El pan es un alimento básico elaborado generalmente con cereales, usualmente en forma de harina, y un medio líquido, habitualmente agua. Desde la antigüedad se han elaborado panes de muchas maneras. Una de las grandes diferencias es la adición de levadura; la acción de la levadura transforma las características de la harina y le da volumen, textura, esponjosidad y sabor al pan. (Valderrama M. 1996) define el pan, como el producto obtenido por la cocción de una masa debidamente desarrollada en un proceso de fermentación hecho con harina de trigo.

Insumos para la elaboración del pan

➤ **Harina:** La harina es el ingrediente más importante de los productos de panificación. Un aumento de 1% en la humedad de esta disminuye la capacidad de absorción de la masa, afecta el rendimiento del producto. Solamente el trigo y el centeno producen harinas directamente panificables, para lo que es precisa la capacidad de retener gases producidos durante la fermentación, que ocasiona el volumen de la masa.

La harina de trigo puede contener entre el 6% y el 20% de proteína, de la cual la mayor parte está formada de gluten como la gliadina y la glutenina que, fuertemente hidratadas, dan una masa elástica llamada gluten, principal responsable de la propiedad mecánica de la masa. La calidad media panificable debe definirse evaluando, bien el comportamiento de la pasta obtenida del trigo en cuestión durante la elaboración mecánica, o bien sus características químicas y bioquímicas.

- **Agua:** El agua es el segundo componente mayoritario de la masa y constituye un componente esencial en panificación al servir de vehículo de transporte para que los ingredientes, al mezclarse, formen la masa. Además de actuar como un catalizador permitiendo que se produzcan cambios en otros ingredientes, el agua activa las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable. Su presencia también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan. La calidad y composición del agua influyen en la formación de la masa. Se sabe que aguas con carácter ácido endurecen la red de gluten, mientras que las alcalinas suavizan la masa. De ahí que a veces se empleen aguas minerales o filtradas en la elaboración del pan para evitar que estos factores afecten negativamente a la masa final, por ejemplo inhibiendo la actuación de las levaduras (Mesas, J y Alegre, M. 2002).
- **Levadura:** Transforma los azúcares presentes en la harina, en gas carbónico, alcohol y una serie de sustancias aromáticas. Este proceso se denomina fermentación y es el que permite el aumento de volumen de la masa. Acondiciona la masa, aumenta el valor nutritivo al proporcionarle al pan proteínas de muy buena calidad. Convierte la harina cruda en un producto ligero que al hornearse es 100% digerible.

En panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa con el fin de hacerla fermentar de modo que se produzca etanol y CO₂. Este CO₂ queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen. A este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa (Humanes, 1994; Tejero,

1992-1995; Guinet y Godon, 1996). Los microorganismos presentes en la levadura son principalmente levaduras que son las responsables de la fermentación alcohólica, pero también se pueden encontrar bacterias que actúan durante la fermentación dando productos secundarios que van a conferir al pan determinadas características organolépticas, en concreto una cierta acidez (Humanes, J. 1994).

- **Azúcar:** Un papel importante de la sacarosa es su efecto sobre la actividad de agua de un producto horneado, si aumentamos los niveles de sacarosa, disminuirá la actividad de agua del producto y tendrá un efecto significativo en la conductividad y tiempo sin estropear por hongos. Su influencia es similar en el impulsor gasificante (o levadura de panadería) .altos niveles de azúcar restringen la capacidad de crecimiento de los microorganismos y aumenta el tiempo que la colonias de hongos necesitan para ser visibles a simple vista (Guinet R, Godon B.1996.)

Como se mencionó anteriormente una de las funciones del azúcar es confiere color a la corteza del pan, debido a la reacción de Maillard; esta comprende la reacción de aminoácidos y azúcares reductores bajo la ayuda del calor de 50 °C y 100 °C dado como resultado la formación del dióxido de carbono. Esta formación de CO₂ se ha encontrado no solo en la combinaciones de azúcar y aminoácidos, sino también en mezclas de azúcares y de ácidos orgánicos (Quaglia G, 1991).

- **Sal:** El objetivo principal de la sal es dar sabor y reforzar los aromas del propio pan. Además es importante porque hace la masa más tenaz, aumenta su capacidad

de retención de agua y evita fermentaciones indeseables dentro de la masa. La sal contribuye también de una forma indirecta a la formación del color marrón característico de la corteza, debido a que retarda la fermentación, generando un exceso de azúcares que durante el horneado favorecen la formación de los colores dorados de la corteza.(Mesas, J y Alegre, M.2002).

- **Grasa:** La grasa en la industria panaria es como mejorar de volumen, debido a que atrapa aire durante el mezclado ayudando a la fermentación y dando como resultado un producto con grado homogéneo; contribuye a dar una textura más fina y suave, además de mejorar el sabor. También aumenta la conservabilidad del producto debido a que dentro del amasado la grasa o manteca se distribuye uniformemente, envuelve a cada una de las partículas de la masa impartándole una larga duración a la suavidad de la miga. Estabilización de las burbujas de gas incorporadas a la masa, que lleva a mejora de las propiedades de retención de gas de la masa, la cual se manifiesta normalmente como una mejora "empuje" del horno. Inhibición de la unión de las burbujas de gas, lo que lleva a una más fina estructura de la miga (Cauvain, S e Young, L 2006).

2.9. Tecnología de panificación

Existen dos métodos de elaboración de pan, método indirecto (esponja), método directo (mixto).

2.9.1. Método esponja (masa madre)

El método esponja tiene dos pasos a realizar. En el primero de ellos se mezclan algunos ingredientes y se les permite una fermentación normalmente larga de 2 a 6 horas. En esta etapa se suelen mezclar harina, agua y levadura quedando una masa muy blanda y a veces pegajosa. La segunda fase consiste en incorporar la esponja a los ingredientes que faltan, someterlos a una segunda mezcla donde la fermentación es relativamente corta. (Reynoso Z.1990).

La esponja normalmente comprende el 60% de la harina total y la mayor parte de la levadura y el agua. En algunos casos se añade algo de harina de malta o azúcar que facilitará la velocidad de la fermentación, pero sólo en caso de que el pan lo requiera, pero la mejor forma de obtener regularidad es simplificando los tres ingredientes antes citados. (Quaglia G, 1991).

La temperatura ideal de la esponja es de 23 a 25°C, ya que a más temperatura de la masa más rápida es la fermentación y suele dejarse una masa fina y blanda llegando al máximo de absorción de agua que admita.

La flora microbiana en la masa madre, hace que los productos elaborados con el uso de la misma, ofrezcan unas características especiales muy apreciadas por el consumidor.

Ventajas de la Esponja Masa (Masa Madre) Este tipo de masa es más beneficiosa porque da un mayor rendimiento, pues produce más panes y

además es más fuerte. El pan obtiene un mejor gusto y una mejor corteza al momento de salir del horno.

Otra ventaja es que si todavía sobra masa madre, esta puede ser guardada en temperaturas frías, ya que el frío adormece la masa y no necesita ser alimentada a diario, aguantando hasta meses. (Quaglia G, 1991).

2.9.2. Directo

En el sistema directo es un proceso de un solo paso donde todos los ingredientes juntos son mezclados a la vez, incluso la levadura es incorporada al inicio del amasado. Normalmente con este sistema se añade un 10% más de levadura que en el método de esponja. Se mantiene el amasado hasta que todos los ingredientes han formado un solo cuerpo produciendo una masa de carácter suave y elástica hasta su consistencia óptima. Esta masa se deja fermentar. Durante la fermentación la masa se golpea para desgasificarla y se vuelve a dejar fermentar por más tiempo. Después de la fermentación, la masa se divide y moldea y se coloca en moldes (si es pan de molde) o sobre bandejas si es pan sin molde. La masa moldeada se deja fermentar un poco. Luego la masa se hornea. (Quaglia G, 1991).

Las ventajas son:

Se requiere menos mano de obra, se reduce el tiempo general de producción al recortar el tiempo de fermentación, se reducen los márgenes de error al tener menos manipulación y menos pasos a realizar.

Desventajas son:

Tenemos menos flexibilidad, pues es más difícil añadir algún ingrediente del que carezca la masa, siendo muy poca la ayuda para componer las masa directas. Además, se producen panes de sabor insípido, textura áspera y menor volumen, aunque esto depende de la cantidad de mejorante o mejorador.

2.10. Mezclado y amasado

El amasado es la distribución homogénea de los ingredientes favoreciendo la disolución e hidratación del gluten para un adecuado desarrollo del gluten.

El amasado es una etapa clave y decisoria en la calidad del pan. En esta etapa influirá tanto el tipo de amasadora como la velocidad, la duración y la capacidad de ocupación de la misma. Durante este proceso los componentes de la harina, pierden su individualidad y, junto con sus demás ingredientes, van a dotar a la masa unas características plásticas (fuerza y equilibrio).

Antes de iniciar el amasado es importante determinar la temperatura de la masa. Para alcanzar la temperatura deseada (entre 24 y 26°C en invierno y entre 20 y 22°C en verano).

Una vez se ha realizado el proceso de mezclado, se comienza a imprimir la energía necesaria a la masa para que desarrolle su estructura de proteínas, gluten, buscando como finalidad que el aire se incorpore en el interior de esta estructura, desarrollándose los alveolos, que tendrán posteriormente el gas procedente de la fermentación.

El amasado es fundamental, ya que la masa que se obtenga, será la que determine el comportamiento posterior en el proceso, incluso gran parte del resultado final. Debe cuidarse de no sobre trabajar la masa, ya que el gluten empieza a quebrarse y con ello pierde su elasticidad y su capacidad para retener el gas que se forma por la fermentación.

La masa adquiere volumen, extensibilidad, y se torna lisa, flexible y suave, despegándose de las paredes de la amasadora o artesa (Cauvain S, Young L 2006).

2.10.1. Fermentación

Una etapa muy importante en la industria panaria es la fermentación. En esta fase el azúcar es utilizada por la levadura para producir anhídrido carbónico y etanol; el gas producido incrementa el volumen del pan varias veces su tamaño original. Aquí las proteínas juegan un rol importante, debido a que la acción de las enzimas hace más elástica a la masa formando las celdas que retienen gas.

Baker y Mize 1941; mencionado por **Reynoso Z. 1990**, estudiando el origen de las células de gas en la masa del pan, encontraron que estas se originarían de las celdas de gas y vacíos gaseosos de las partículas del endospermo del grano del trigo. También se sabe que se originan de la presión gaseosa originada por la levadura; otro posible origen de las celdas de gas es el boleado o golpeado durante la labranza que subdivide aún más las partículas.

Reynoso Z. 1990. Menciona que las levaduras proporcionan gases disueltos a la masa, cuales se dispersan en celdas ya formadas de antemano, debido a la incorporación de aire durante el mezclado.

Durante la fermentación normal de la masa el ritmo de producción de gas alcanza un valor constante, a los pocos minutos después de haberse mezclado la masa la estimulación excesiva de la fermentación mediante la levadura y bacterias deprimen, tanto el sabor como la estructura de la miga, resultando panes muy acidas, húmedos y con demasiado sabor a la levadura. Tanto la temperatura como la humedad relativa son importantes para una buena fermentación debiendo ser de 28 a 35°C y 90%, respectivamente, por lo cual es necesario disponer de cámaras de fermentación o dilatación. Cuando se elaboran panes por el método esponja el tiempo de fermentación podrá variar de acuerdo a la formula a desarrollar, a medida que cada esponja esté a punto, esta debe de estar incorporado inmediatamente a la masa total. Además del alcohol y dióxido de carbono, otros compuestos son producidos durante la fermentación, tales como ácido succínico, acético, glicerol, alcohol propílico, isobutilico y dos alcoholes amílicos. Todas las enzimas que intervienen en la fermentación tienen pH óptimo ácido de 5 a 4; como se mencionó anteriormente para la fermentación de la esponja y de la masa es imprescindible el azúcar. Parte del azúcar (principalmente sacarosa) lo contiene la misma harina; la gran parte del azúcar (maltosa y

glucosa) se forma durante el proceso de fermentación en la misma masa como resultado de la hidrólisis del almidón por las enzimas amilolíticas.

2.10.1.1. Procesos químicos en la fermentación:

A la hora de hablar de los procesos químicos producidos en la fermentación, debemos tener en cuenta que su fundamento es producir.

- Aumento de volumen de la pieza
- Textura fina y ligera
- Producción de aromas

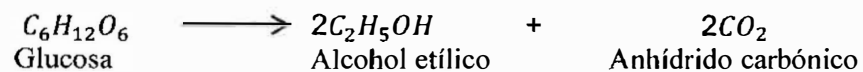
Este proceso está definido como el reposo de las piezas, ya formadas en condiciones favorables y a veces controladas, de humedad y temperatura; produciéndose dicho aumento de volumen gracias a la producción y retención de gas y a las modificaciones de las características plásticas de la masa permitiendo dicha expansión. Como ya se ha dicho anteriormente la fermentación comienza en el amasado y termina en el horno, produciéndose paralelamente la muerte de las células de la levadura y la estructuración del pan, bien definido en la gelatinización y posterior cristalización del almidón, caramelización de los azúcares restantes y desnaturalización de las proteínas. (Alvares. B y Tusa M., 2009).

Temperaturas por encima de los 28°C deberán usarse para fermentaciones cortas de 1 h a 1 h 30 minutos. Para tiempos de fermentación entre 2 a cuatro horas la temperatura debe de ser de 25 a 27°C y para periodos más largos de 23 a 25°C. En definitiva, cuando más larga sea la duración del proceso, más baja debe de ser la temperatura de fermentación. Con temperaturas entre 23 a 25°C se obtiene un pan húmedo, aromático y con una miga coloreada. Con temperatura de 29°C el pan es seco, se endurece muy rápidamente y se caracteriza por una miga de color pálido (Quaglia G, 1991).

1. Fermentación alcohólica

En un lugar ambiente anaerobio, esto es, en ausencia de oxígeno, a través de este proceso las levaduras están en condiciones de producir energía de la glucosa (azúcar simple) en ausencia de oxígeno.

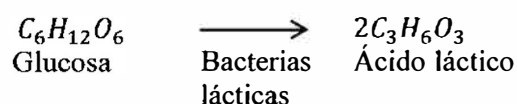
En su conjunto la fermentación alcohólica puede resumirse en el siguiente esquema:



En la fermentación alcohólica, la formación de etanol representa la principal característica de las levaduras fermentantes, pero son posibles también otras actividades bioquímicas (Quaglia G. 1991).

2. Fermentación láctica

La fermentación láctica tiene lugar por la hidrólisis de la lactosa o del azúcar común como producen glucosa y que finalmente se transforma en ácido láctico, según la siguiente ecuación:



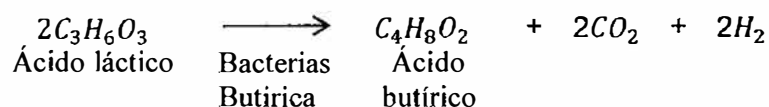
Normalmente las bacterias lácticas que se encuentran en la masa, proceden de levadura a la que acompañan en pequeñas cantidades; por parte, generalmente se presentan en forma esporulada, tanto en la harina como en otros ingredientes de la masa.

La temperatura óptima para la fermentación láctica, es de 35°C, la fermentación láctica se produce muy lentamente.

Sin embargo, una acidez elevada es desfavorable ya que conduce a una maduración excesiva. Este exceso puede deberse al empleo en la masa de leche descremada o mantequillas agrias (Quaglia G, 1991).

3. Fermentación butírica

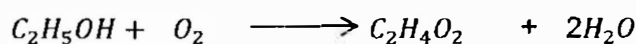
A consecuencia de la fermentación láctica de la masa, el ácido láctico o sus sales pueden ser atacados por diferentes bacterias produciendo ácido butírico:



La temperatura de esta reacción es aproximadamente de 40°C por lo que durante una fermentación normal de la masa, las bacterias butíricas no causan ningún trastorno. Sin embargo, si la masa se deja durante un tiempo excesivo, se calienta demasiado aumentando la temperatura por encima de los 32°C, por lo que se puede producir la fermentación butírica afectando al aroma del producto (Quaglia G, 1991).

4. Fermentación acética

Los micodermas aceti que produce la fermentación acética, al contrario que las bacterias lácticas y butíricas, reaccionan de manera óptima en presencia de aire. Las reacciones consisten en una transformación del alcohol etílico en ácido acético; en una masa normal solo el 5% de la acidez total se debe al ácido acético (Quaglia G, 1991).



2.11. Horneado o cocción del pan

El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y biológico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas.

2.11.1. Fenómenos físicos

La parte de la masa en contacto con la base del horno absorbe el calor por conducción, y la que está en contacto con el aire lo absorbe por convección

del aire y por irradiación a la vez; durante la cocción, además de la evaporación del agua también ocurre la volatilización de todas aquellas sustancias que tienen una temperatura de evaporación inferior a 100°C y en particular del alcohol etílico y de todas las sustancias aromáticas que se forma tanto en la fermentación como en la cocción(aldehídos , éteres , ácidos, etc.).

La volatilización depende no solo de la conservación de estas sustancias en el pan, sino además de la capacidad de retención de gas por la masa, esto es su impermeabilidad y en definitiva de la elasticidad de la malla de gluten (Quaglia G, 1991).

Tabla 6. Fenómenos que ocurren al variar la temperatura de cocción de masa penaría

Temperatura	Fenómenos que ocurren en el interior de la masa durante la cocción.
30°C	Expansión del gas y producción enzimática del almidón
45 ÷ 50°C	Muerte de sacharomicetos
50 ÷ 60°C	Fuerte actividad enzimática, inicio de la solubilización del almidón
60 ÷ 80°C	Final de la solubilización del almidón
100°C	Desarrollo y producción del vapor de agua, formación de la corteza, que sede agua.
110 ÷ 120°C	Formación de dextrina en la corteza (clara y amarillenta)
130 ÷ 140°C	Formación de dextrina parda
140 ÷ 150°C	Caramelización (bronceamiento de la corteza)
150 ÷ 200°C	Producto crujiente aromático (pardo oscuro)
>200°C	Carbonización de la pieza(masa porosa y negra)

FUENTE Quaglia G, 1991.

2.11.2. Fenómenos bioquímicos

A temperatura inferior a 55°C, la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue; solo una vez alcanzado los 65°C la actividad de la levadura y de las enzimas secas y al mismo tiempo empieza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón.

La temperatura de cocción influye sobre otros componentes, como son las vitaminas y en particular (B1) y la riboflavina (B2) cuyo contenido se reducen notablemente. Como consecuencia de la distinta temperatura entre la superficie y el interior de la masa, el almidón se comporta de manera distinta: en el interior de la masa, la temperatura más baja, convierte el almidón en engrudo, de estructura coloidal, formando la miga; sobre la superficie, la temperatura más alta provoca el proceso de dextrinización de los azúcares presentes. Además la temperatura conduce a la eliminación del gas de la masa y de sustancias volátiles y aromáticas como los alcoholes, éteres y todos aquellos productos derivados de la Reacción Maillard entre azúcares y aminoácidos formándose un aroma característico del pan (Quaglia G, 1991).

2.12. Evaluación sensorial

Las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos, se divide en tres grupos: Pruebas discriminativas, pruebas descriptivas y pruebas afectivas dentro de las pruebas afectivas están la prueba de aceptación y la prueba de satisfacción y dentro de la prueba de satisfacción esta la escala hedónica.

La evaluación sensorial de alimentos, da respuesta a un bagaje de preguntas que sobre la calidad de un producto se puedan formular.

Se hace referencia principalmente a si existen o no diferencia ente dos o más muestras o productos (pruebas discriminativas), se trata de describir y medir las diferencias que se puedan presentar (pruebas descriptivas) y por último se pretende conocer el grado de preferencia, de gusto o disgusto y de satisfacción que pueda presentar un panelista por un producto determinado.

Es así entonces que el análisis sensorial a través de cada una de las pruebas permite conceptuar sobre un producto alimenticio para así poder llegar a tomar decisiones (Hernández E. 2005.)

La evaluación sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos (vista, gusto, olfato, oído y tacto) hacia ciertas características de un alimento o material (American Society for Testing and Materials, 1980 citados por Esparza et al, 1988). No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos (Watts et al, 1992).

2.12.1. Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas, son pruebas en donde el panelista expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio, puede ser frente a otro. Se utilizan escalas de calificación de las muestras.

2.12.2. Pruebas de Satisfacción

➤ Escala Hedónica Verbal

Consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentársele una escala hedónica o de satisfacción, pueden ser verbales o gráficas, la escala verbal va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta y la escala gráfica consiste en la presentación de caritas o figuras faciales.

➤ Prueba de Aceptación

Permite medir además del grado de preferencia, la actitud del panelista o catador hacia un producto alimenticio, es decir se le pregunta al consumidor si estaría dispuesto a adquirirlo y por ende su gusto o disgusto frente al producto catado (Hernández E, 2005.)

2.13. Evaluación de la calidad de la proteína

La calidad de la proteína depende de la composición de los aminoácidos esenciales. Según la (FAO, 1992), ha establecido completa cuando contiene todos los aminoácidos en cantidad a igual o superior a lo establecido para cada aminoácido en una proteína de referencia o patrón.

Se consideran aminoácidos esenciales a aquellos que no pueden ser sintetizados en el organismo a la velocidad y en la cantidad requerida y deben ser sintetizados para

la dieta, estos son: Isoleucina, leucina, valina, metionina, lisina, treonina, triptófano, fenilamina (FAO, 1992).

Según, Pellet y Young (1980), la calidad de una proteína puede variar con la cantidad y el patrón de aminoácidos requeridos para las funciones medidas. Las cantidades requeridas de esos aminoácidos varían con la edad, las condiciones fisiológicas y el estado de salud.

Evaluación biológica de la calidad de las proteínas

Las pruebas biológicas sirven para evaluar la calidad de los alimentos y se realiza en animales de experimentación se utiliza ratas blancas por ser muy sensibles a las deficiencias nutricionales estas pruebas se fundamentan en conseguir que la ración alimentaria para el animal de experimentos contengan todos los nutrientes en la cantidad suficiente para cubrir sus necesidades especial de calorías a excepción de la proteína que van a ser proporcionadas única para la muestra alimentaria del animal.

a) Métodos basados en el incremento de peso

a.1 Relación de eficiencia proteica (PER)

Se basa en estimar el crecimiento de las ratas en relación con la cantidad de proteína consumida de un alimento. Normalmente se usa el patrón de comparación donde la proteína es la caseína. Los valores del PER esta entre 0-4 (por 1 g de proteína. Consumida gana 4 g. de peso). Cuando se consume.

$$\text{PER} = \frac{\text{Peso ganado}(g)}{\text{proteína ingerida}(g)}$$

a.2 Condiciones generales

- **Método de alimentación.** Debe ser administrando el 10% de la proteína en el cual el nivel de absorción resulta en la línea ascendente al ser comparadas al máximo que pueda obtenerse con una mayor ingesta.
- **Edad.** La edad de la rata, tiene un efecto en la medida de la calidad de la proteína, ratas destetadas de 21 a 23 días.
- **Raza.** Diferentes razas de ratas presentan diferentes rangos de peso. Ratas albinas, Holtzman, Wistas, Sprange, etc. Se recomienda trabajar con un solo tipo de razas.
- **Sexo.** Tiene efecto e el peso, como los machos presentan mayor rapidez en el crecimiento que las hembras, se recomienda los machos.
- **Periodo de experimentación.** Es de 4 semanas a 28 días notándose que los valores disminuyen con el tiempo, la primera semana el crecimiento es rápido y la semana subsiguiente es más lenta. (Lima et al., 1995).

III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño utilizado

3.1.1 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental, debido a que tiene grupo de control (características de la harina panaria). En la investigación no es estricto el manejo de variables, que esto permite prestar atención a otros variables extrañas que pueden influir en la obtención del producto.

Se define el diseño factorial 2 x 3 (de dos concentraciones de acetato de calcio y tres porcentajes de sustitución de harina de kiwicha y cada tratamiento se realizara por triplicado)

		Niveles de sustitución de harina de trigo por harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>)		
		5% (A ₁)	10% (A ₂)	15% (A ₃)
Concentración de calcio	100 mg (C ₁)	A ₁ , C ₁	A ₂ , C ₁	A ₃ , C ₁
	150 mg (C ₂)	A ₁ , C ₂	A ₂ , C ₂	A ₃ , C ₂

3.1.2 Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2 para 6 tratamientos con 3 repeticiones de cada uno y 18 unidades experimentales.

N° De tratamiento 3 x 2= 6	Sustitución de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) (%)			Concentración de calcio		N° de repeticiones
	A(5)	B(10)	C(15)	100 mg	150 mg	
1		A		100 mg		3
2		A		150 mg		3
3		B		100 mg		3
4		B		150 mg		3
5		C		100 mg		3
6		C		150 mg		3
Total						18

3.2 Unidad experimental

Cada unidad experimental fue de 67 masas de pan de 30 g, unidad mínima indivisible listo para el proceso de horneado.

3.3 Análisis estadístico

- Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA).
Para analizar estadísticamente los datos se utilizó el SOTWARE STATGRAPHICS plus versión VX1.1.
- Para encontrar el mejor tratamiento se hizo una comparación de media diferencia mínima significativa, se utilizó el SOTWAR Minitab.v16.2.3.0.

3.4 Población

3.5.1 Características y delimitaciones

Las características que se toma en cuenta al momento de la recolección de datos son principalmente el tamaño, color y textura característica.

3.5.2 Ubicación espacio – temporal

La kiwicha variedad Centenario que se va utilizar como materia prima en la investigación, se compró y recolecto de del mercado las Américas, que se encuentra dentro de la jurisdicción del centro poblado las Américas del distrito de Abancay, provincia de Abancay en la región de Apurímac en Perú.

3.5 Muestra

Para la obtención de la muestra, se optó por un tipo de muestreo probabilístico aleatorio simple para muestra finita.

$$n = \frac{Nz^2P(1 - p)}{(N - 1)e^2 + z^2p(p - 1)}$$

Donde:

n: tamaño muestra

N: Total de la población

Z: 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p: proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

q: 1 - p (en este caso 1 - 0.05 = 0.95)

e: precisión (en su investigación use un 5%).

3.6 Lugar de ejecución

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones del horno, el maestrillo, laboratorio de evaluación sensorial y el laboratorio de química de la E.A.P. Ing. Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, ciudad Universitaria Tamburco – Abancay – Apurímac – Perú.

3.6.1 Localización del experimento y ubicación geográfica.

El departamento de Apurímac, está situado en la región sur oriental del territorio peruano, teniendo como puntos extremos las coordenadas siguientes Latitud Sur 14°50'21", Norte 13°10'00", Este 14°01'24.5" y Oeste 13°23'43,5" y con una altitud de 2378 msnm.

3.7 Procedimiento experimental

3.7.1 Materiales, Equipos e Insumos

a. Materias primas e insumos

- Harina de Kiwicha Centenario.
- Harina de trigo comercial panadera.
- Acetato de calcio.
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).
- Sal yodada.
- Azúcar.
- Agua.
- Grasa vegetal.

b. Materiales e Instrumentos

- 4 recipientes de metal y plástico.
- 1 balanza digital con sensibilidad de un gramo de capacidad de 5 kg.
- Mesa para moldeo.
- Latas para hornear.
- Cucharas y cucharitas medidoras.
- molino de rodillos.
- tamiz.
- Rodillo.
- Cortador de masa.
- Jarra medidora ½ litro.

3.7.2 Etapa I: Trabajo Experimental

El estudio tuvo por finalidad obtener el acetato de calcio de la cascara de huevo, para su posterior uso como insumos en la elaboración de pan.

3.7.2.1 Colección de la muestra de kiwicha

La muestra fue comprada en el mercado Las Américas, del centro poblado Las Américas, del distrito de Abancay, de la provincia de Abancay del departamento de Apurímac; la obtención de la muestra al azar.

3.7.2.2 Molienda de la kiwicha

Los granos de Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*) limpio de impurezas y evaluadas organolépticamente fueron molidos en un molino de rodillos.

3.7.2.3 Extracción de calcio de la cáscara de huevo

Se utilizó el método de extracción de calcio de la cascara de huevo, según lo realizado por **Gómez (2011)**, en su tesis “Cuantificación de Calcio en soluciones caseras que contienen cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*)” **Anexo 1.**

3.7.2.4 Análisis Químico Proximal de la Harina de Kiwicha y Harina de Trigo

El estudio tuvo por finalidad determinar la calidad de harina Kiwicha y harina de trigo para su posterior uso como insumos en la elaboración de pan.

a. Caracterización de harina de trigo y harina de Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*)

La característica de la harina de trigo y de la harina de Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*) se hizo el análisis químico proximal en el laboratorio de química de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

b. Análisis fisicoquímico de harina de Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*)

- **Humedad:** Método aplicado (NTP 209.264 – 2001) **ANEXO 5.**
- **Cenizas:** Método 209.265 (NTP – 2001). **ANEXO 6.**
- **Proteína:** Método 12.1.07 (A.O.A.C, 2000) **ANEXO 4.**

3.7.3 Etapa II: Elaboración Del Pan

Para la producción del pan, se analizó y clasifíco adecuadamente los insumos, el personal quien lo elaboro estaba correctamente uniformado y limpio, los equipos y materiales de acero inoxidable fueron desinfectados con hipoclorito de sodio.

3.7.3.1 Método empleado

El método empleado para la elaboración del pan fue el método esponja.

3.7.3.2 Formulación de pan

En la tabla 7 y 8, se muestra la formulación utilizada para la elaboración del pan, con los diferentes porcentajes de sustitución, incluida la formulación comercial (100% de harina de trigo).

Tabla 7. Cantidad requerida de ingredientes para cada muestra de pan

H. kiwicha/H. Trigo	0/100	5/95		10/90		15/85	
INGREDIENTES (%)	Muestra Patrón	Muestra A (*)	Muestra B (**)	Muestra A (*)	Muestra B (**)	Muestra A (*)	Muestra B (**)
Harina de trigo	100	95	95	90	90	85	85
Harina de kiwicha	0	5	5	10	10	15	15
Agua	Variable	variable	Variable	Variable	variable	variable	Variable
Sal	2	2	2	2	2	2	2
Azúcar	6	6	6	6	6	6	6
Levadura	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Manteca	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Acetato de calcio	-	1.32	1.97	1.32	1.97	1.32	1.97

(*) 100 mg de calcio por unidad de pan

(**) 150 mg de calcio por unidad de pan

Para la elaboración del pan, se utilizará el método esponja, como se muestra en la siguiente tabla 8:

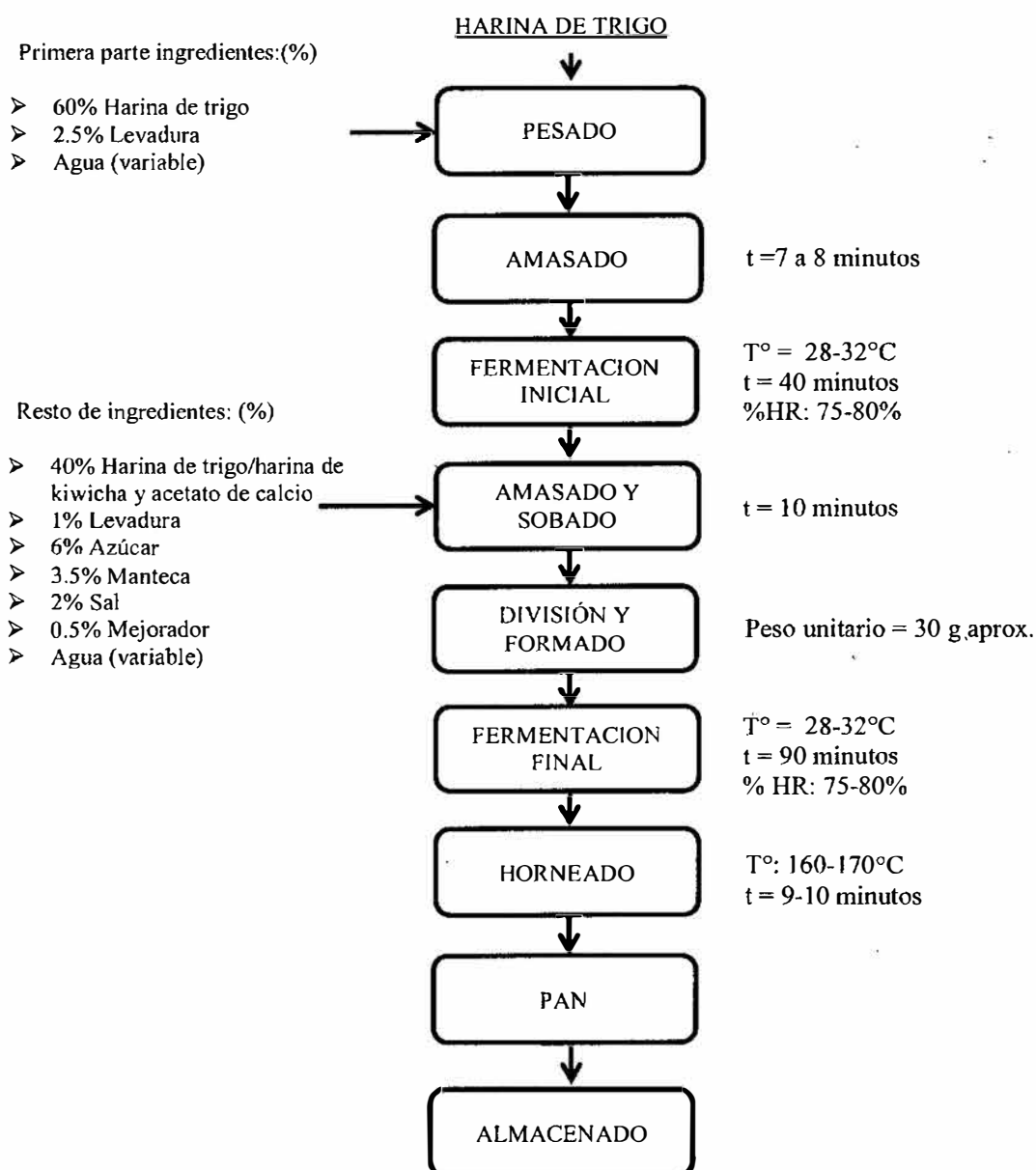
Tabla 8. El método esponja a seguir se hará de acuerdo al siguiente

H. kiwicha/H. Trigo	0/100	5/95		10/90		15/85	
INGREDIENTES (%)	Muestra Patrón	Muestra A (*)	Muestra B (**)	Muestra A (*)	Muestra B (**)	Muestra A (*)	Muestra B (**)
ESPONJA:							
Harina de trigo	60	60	60	60	60	60	60
Levadura	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Agua	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
MASA:							
Harina de trigo	40	35	35	30	30	25	25
Harina de kiwicha	-	5	5	10	10	15	15
Agua	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
Sal	2	2	2	2	2	2	2
Azúcar.	6	6	6	6	6	6	6
Levadura	1	1	1	1	1	1	1
Manteca	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Acetato de calcio	-	1.32	1.97	1.32	1.97	1.32	1.97

3.7.3.3 Procedimiento

El procedimiento utilizado en la elaboración del pan fue el siguiente se lo presento mediante diagrama de flujo, Figura 2.

Figura 1. Diagrama de Flujo de la Elaboración de Pan Enriquecido con Harina de Kiwicha y Fortificado con Calcio por el Método Esponja



3.7.3.4 Descripción del proceso de elaboración del pan

3.7.3.4.1 Control de insumos

En el proceso de elaboración de pan se realizó un control estricto de calidad a la materia prima, para garantizar la salubridad al consumidor.

3.7.3.4.2 Primer amasado (masa madre)

Consiste de mezclar mediante una amasadora los siguientes ingredientes; levadura, azúcar, harina y agua. El mezclado debe hacerse hasta obtener una masa muy blanda pegajosa

3.7.3.4.3 Primera fermentación

La masa debe dejarse en fermentación a temperatura 20 a 25°C con una humedad de 75 a 80% durante 40 minutos.

3.7.3.4.4 Segundo amasado

La masa madre de la primera fermentación se añaden los siguientes insumos azúcar, sal, manteca vegetal, harina de kiwicha, harina de trigo, levadura agua y acetato de calcio. Amasar hasta lograr mezclar adecuadamente, la masa debe estar elástica, suave y elástica y sin pegarse en las manos.

3.7.3.4.5 División / moldeado

Se separó la masa en porciones de igual peso, y se dio la forma cilíndrica a la porción de la masa, colocando el trozo de masa formada en el molde (previamente engrasado ligeramente con manteca).

3.7.3.4.6 Fermentación final

Consistió en llevar los panes a la cámara de fermentación a temperatura de 28-32°C con una humedad 75-80% durante 90 minutos, para la formación de gas, y aumentar el volumen del pan.

3.7.3.4.7 Horneado

Se llevaron las piezas de pan al horno a una temperatura de 160-170°C por 9-10 minutos, aproximadamente.

3.7.3.4.8 Almacenamiento

Los panes fueron enfriados a temperatura ambiente durante una hora, para luego ser colocados en bolsas de polietileno, con el fin de evitar pérdidas de humedad y contaminación microbiana.

3.7.4 Etapa III: Evaluación del Producto Pan

El pan es el producto de consistencia blanda, de sabor dulce obtenido por amasamiento y cocción de la masa fermentada, preparadas con harina y con uno o más de los siguientes insumos: harina de trigo, harina kiwicha, acetato de calcio, levadura, sal, azúcar, agua, manteca vegetal. En el procesamiento

de elaboración del pan se realizaran controles de calidad a la materia prima durante el proceso y el producto terminado para garantizar la calidad y el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

3.7.4.1 Análisis Químico Proximal del pan

3.7.4.1.1 Humedad

Se realizó según el Método 209.264, recomendado por la Norma Técnicas Peruanas (NTP, 2001). **ANEXO 5**

3.7.4.1.2 Cenizas

Se realizó según el método 209.265, recomendado por la Norma Técnicas Peruanas (NTP, 2001). **ANEXO 6**

3.7.4.1.3 Proteína

Se realizará según el método 205-005, recomendado por la Norma Técnicas Peruanas (NTP.1981). **ANEXO 4**

3.7.4.1.4 Grasa

Se realizara según el método 205-006, recomendado por la Norma Técnicas Peruanas (NTP, 1981). **ANEXO 10**

3.7.4.1.5 Carbohidratos

Se realizara según el método de las normas técnicas peruanas 1981.

3.7.4.1.6 pH

Se realizó empleando el potenciómetro digital, para esto se tomó 10 gramos de muestra y se le agregó 100 ml de agua destilada, se agitó con una bagueta; y se midió el pH en el líquido sobrenadante.

3.7.4.1.7 Ácidos titulable

Se realizó según el método 206.013, recomendado por la Norma Técnicas Peruanas (NTP, 1981).

3.7.4.2 Evaluación nutricional del pan

3.7.4.2.1 Determinación del PER

Para la determinación del índice de eficiencia proteica (PER), se usó la metodología de la AOAC (1979), ANEXO 7.

3.7.4.2.2 Determinación del valor calórico

Se calcula multiplicando el contenido de los principios nutritivos obtenidos (análisis químico proximal: % grasa, % proteína y % carbohidratos) por los factores calóricos de (Bennion E.1967), sumando luego los resultados, como se indica a continuación:

% grasa x 9	=	# de calorías
% proteína x 4	=	# de calorías
% carbohidratos x 4	=	# de calorías
<hr/>	=	<hr/>
Valor calórico	=	Suma de calorías

3.7.4.3 Evaluación organoléptica

3.7.4.3.1 Características organolépticas

La aceptación del producto se evaluó basándose en las características sensoriales como aroma, color, sabor y textura. Para ello se elaboró una ficha de evaluación (ver ANEXO 3); en ella los panelistas dieron sus juicios utilizando una escala hedónica del 1 a 9 puntos (Texeira E, Barbetta P.1987).

La evaluación se realizó a los 6 tratamientos más la muestra patrón (pan 100% de harina de trigo).

El análisis sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de control de calidad de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA).

Los panes elaborados fueron analizados sensorialmente por un panel no entrenado conformado por un grupo de 30 estudiantes de Ingeniería Agroindustrial.

Se estableció el criterio de emplear 30 panelistas, de acuerdo con lo reportado por el autor (Julián E.M. 2007) solo si el resultado es a nivel laboratorio.

Se estableció un horario (11:00 am -12:00 am) adecuado para las pruebas y se aseguró de los evaluadores que no usaran perfumes que no

comieran ni probaran nada que pudiera influir sobre la prueba de evaluación (Elizabeth H. A. 2005).

La evaluación se realizó en cabinas individuales con el objeto de no ejercer influencia sobre los demás. El orden de la presentación de las muestras es escogido por cada panelista, y el orden es indicado en el laboratorio: las muestras fueron servidas simultáneamente. Se aseguran que los catadores se lavaran la boca con agua después de cada captación. (Poste et al., 1991).

3.7.4.3.2 Aceptabilidad del pan

Tienen como objetivo conocer de acuerdo a un criterio sensorial si la muestra que se presenta es aceptada o no por los consumidores.

Se realizó con jueces afectivos (no entrenados) el número de jueces que se recomienda debe ser mayor a 80, aunque mientras mayor cantidad se emplea se logra una mejor representatividad de la población (Julián E.M. 2007). Para este estudio se trabajó con 100 jueces no entrenados escogidos al azar y se utilizó la ficha de evaluación (ANEXO 9).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis químico de la materia prima

En la tabla 9, se presenta la composición química (proteína, humedad y ceniza) de la harina de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*).

Se observa que el contenido de humedad está por debajo del 15.5%, límite máximo recomendado por las normas francesas según (Calvel R. 1983).

El contenido de proteína de la harina de kiwicha es mayor que el de la harina de trigo de la presente investigación, está dentro de los parámetros según (Collazos C. 1998).

El contenido de cenizas es alto en cereales y tubérculos que se emplean como sucedáneos del trigo, según los datos de la (FAO. 1971).

Tabla 9. Análisis Químico de la harina de Kiwicha y harina de trigo

Composición química	Harina de Kiwicha	Harina de trigo
Humedad (%)	12.45±0.49	13.3±0.37
Ceniza (%)	2.3±0.32	0.70±43
Proteína (%)	13.16±0.64	12.25±28
Gluten Húmedo (%)	-	34.94±53
Gluten Seco (%)	-	11.81±19
Grasa (%)	-	1.29±23

En la tabla 9, se presenta la composición química (proteína, humedad y ceniza) de la harina de trigo.

Se observa que el contenido de humedad está por debajo del 15%, límite máximo recomendado por (Calaveras J.1996). El contenido de proteína de la harina de

trigo de la presente investigación, comprende una harina apta para para la panificación. Según las NTE (2005) cuyo límite mínimo es de 10% harina panificable.

El porcentaje de cenizas hallado en la harina de trigo está dentro de los límites permisibles según NTE (2005) el límite máximo es de 0.75%.

El contenido de gluten húmedo para harina panificable según NTE (2005) cuyo límite mínimo es de 25%. El contenido de grasa está dentro del límite máximo que es de 1.5% según (Calaveras J. 1996). Según Nieto (1990), la composición química de los *Amaranthus*. Tienen: proteínas 12-19%, grasa 6,1-8,1%.

4.2 Resultados del producto final (Pan)

4.2.1 Análisis Organolépticos

Tabla 10. Puntajes promedio de las características organolépticas de los panes (escala del 1 al 9)

TRATAMIENTOS	PANELISTAS
Muestra T2	7.63 ± 0.57
Muestra T3	7.50 ± 0.63
Muestra T4	7.36± 0.61
Muestra T5	7.32 ± 0.58
Muestra T6	6.53 ± 0.62
Muestra T7	6.45 ± 0.62
Muestra T1	8.29 ± 0,47

T2: Pan con 95% de harina de trigo, 5% de harina de Kiwicha y 100 mg de acetado de calcio.

T3: Pan con 95% de harina de trigo, 5% de harina de Kiwicha y 150 mg de acetado de calcio.

T4: Pan con 90% de harina de trigo, 10% de harina de Kiwicha y 100 mg de acetado de calcio.

T5: Pan con 90% de harina de trigo, 10% de harina de Kiwicha y 150 mg de acetado de calcio.

T6: Pan con 85% de harina de trigo, 15% de harina de Kiwicha y 100 mg de acetado de calcio.

T7: Pan con 85% de harina de trigo, 15% de harina de Kiwicha y 150 mg de acetado de calcio.

T1 : Pan con 100% de harina de trigo.

A partir del puntaje otorgado por los 30 panelistas para 7 tratamientos, se observó que existe diferencias significativas entre los 6 tratamientos y la muestra patrón lo que indica que estadísticamente las 6 muestras son diferentes en relación a la muestra patrón, es decir que los porcentajes de harina de kiwicha y la cantidad de acetado de calcio influyen en las características organolépticas.

Es esencial que las propiedades sensoriales sean aceptables en el producto formulado, el valor nutritivo se considera inconsecuente si el alimento no es apto para el consumo, el sabor es la característica más importante para determinar la aceptabilidad del producto (Kinsella, 1976; mencionado por Pérez, 1998).

Álvarez, 2009. En su tesis "Elaboración de pan dulce precocido enriquecido con harina de quinua" concluye que los menores % de sustitución son los que tienen más aceptación de color, aroma, sabor, corteza y miga.

Tabla 11. Pruebas de significancia en Organoléptico: T de una muestra:**A1, A2, B1, B2, C1, C2**

TRATAMIENTOS	P
Muestra T2	0.000
Muestra T3	0.005
Muestra T4	0.000
Muestra T5	0.000
Muestra T6	0.000
Muestra T7	0.000

4.2.1.1 Análisis multifactorial - Color del pan

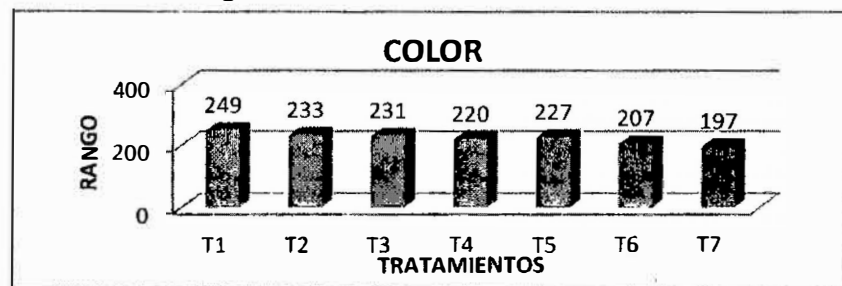
Luego de realizar la evaluación sensorial los resultados obtenidos a partir de la degustación fueron analizados estadísticamente mediante el ANOVA, al mismo que se encuentra en el anexo 13, donde (Valor-P: Calcio = 0.6865, Harina de kiwicha = 0,0000 y la interacción del calcio y la harina de kiwicha = 0.7473), en el cual se observó que el Valor-P para el calcio y la interacción del calcio con la harina de kiwicha obtuvieron valores mayor al nivel de significancia de 0.05 (5%). Lo cual implica que el acetato de calcio y la interacción del calcio con la harina de kiwicha no influyen en el color de los panes. No existe diferencia significativa.

El Valor-P; para la harina de kiwicha es de 0.000, menor al nivel de significancia; la cantidad de harina de kiwicha influye en el color del pan. Si existe diferencia significativa.

En el análisis de la Prueba de Múltiple Rango para Color por Harina de Kiwicha se observa que 0% - 15% y 5% y 10% no hay diferencia

significativa, pero entre 0% - 5%, 0% - 10%, 5% - 15% y 10% - 15% si existe diferencia significativa.

Figura 2. Promedio de la variable Color



El color alcanzo un promedio de 7.8; es te valor indica una aceptabilidad alta (8: me gusta mucho) de la muestra T2.

Al graficar la puntuación obtenida para cada tratamiento se puede observar que el T1 (100% harina de trigo), tuvo mayor aceptabilidad con un puntaje de 249, seguido de T2 (5% de harina de kiwicha y 100 mg de calcio de la cascara de huevo) con un puntaje de 233 lo que significa que tiene un color agradable. Mientras que T7 (15% de harina de kiwicha y 150 mg de calcio de la cascara de huevo) fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas

Según Delgado, 1981; menciona que el color de la corteza evaluados en los panes con una sustitución al 20% con harina de cebada presenta una característica uniforme, dorado intenso.

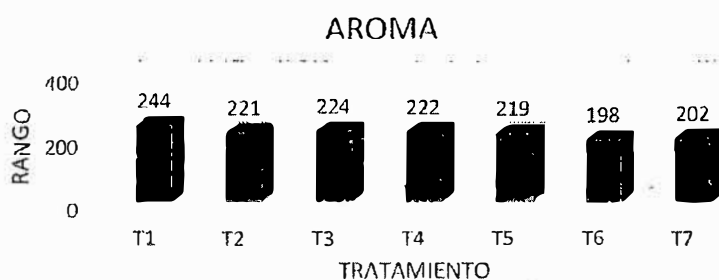
4.2.1.2 Análisis multifactorial - Aroma del pan

Luego de realizar la evaluación sensorial los resultados obtenidos a partir de la degustación fueron analizados estadísticamente mediante el ANOVA, al mismo que se encuentra en el anexo 14, donde (Valor-P: Calcio = 0.9121, Harina de kiwicha = 0.0000 y la interacción del calcio y la harina de kiwicha = 0.2305), en el cual se observó que el Valor-P para el calcio y la interacción del calcio con la harina de kiwicha estuvieron mayor al nivel de significancia de 0.05. Lo cual implica que el acetato de calcio y la interacción del calcio con la harina de kiwicha no influyen en el Aroma de los panes. No existe diferencia significativa.

El Valor-P; para la harina de kiwicha es de 0.000, menor al nivel de significancia; la cantidad de harina de kiwicha influye en el Aroma del pan. Si existe diferencia significativa.

En el análisis de la Prueba de Múltiple Rango para Aroma por Harina de Kiwicha se observa que 0% - 15% no hay diferencia significativa, pero entre 0% - 5%, 0% - 10%, 5% - 10%, 5% - 15% y 10% - 15% si existe diferencia significativa.

Figura 3. Promedio de la variable Aroma



El aroma alcanzo un promedio de 7.47 este valor indica una aceptabilidad moderada (7: me gusta moderadamente) del Tratamiento T3 (5% de harina de kiwicha y 150 mg de calcio).

Al graficar la puntuación obtenida para cada tratamiento se puede observar que el T1 (100% harina de trigo), tuvo mayor aceptabilidad, con promedio de 8.1 y un puntaje de 244, seguido de T3 (5% de harina de kiwicha y 150 mg de calcio de la cascara de huevo) con un puntaje de 224 lo que significa que tiene un olor agradable. Mientras que T6 (15% de harina de kiwicha y 100 mg de calcio de la cascara de huevo) fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas con un promedio de 6.6.

Delgado, 1981; menciona que la olor evaluada en panes con una sustitución al 20% con harina de cebada fue agradable con olor característico a pan. Nuestras muestras presentaron un olor característico a pan.

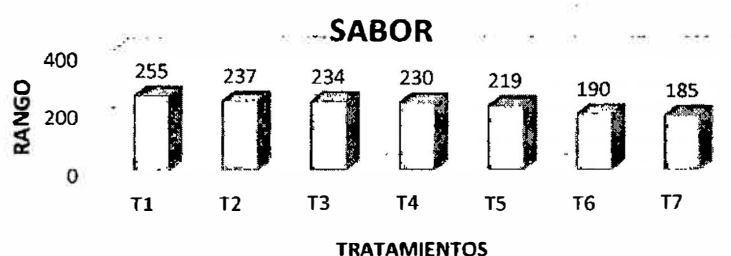
4.2.1.3 Análisis multifactorial - Sabor del pan

Luego de realizar la evaluación sensorial los resultados obtenidos a partir de la degustación fueron analizados estadísticamente mediante el ANOVA, al mismo que se encuentra en el anexo 14, donde (Valor-P: Calcio = 0.0398, Harina de kiwicha = 0.0000 y la interacción del calcio y la harina de kiwicha = 0.3835), en el cual se observó que el Valor-P para la interacción del calcio con la harina de kiwicha fue mayor al nivel de significancia de 0.05. Lo cual implica que la interacción del calcio con la harina de kiwicha no influye en el color de los panes. No existe diferencia.

El Valor-P; para el acetato de calcio y la harina de kiwicha es de 0.0398 y 0.000, menor al nivel de significancia; la cantidad de calcio y de harina de kiwicha influye en el Sabor del pan. Si existe diferencia significativa.

En el análisis de la Prueba de Múltiple Rango para Sabor por Harina de Kiwicha se observa que 0 % - 15 % no hay diferencia significativa, pero entre 0% - 5%, 0% - 10%, 5% - 10%, 5% - 15% y 10% - 15% si existe diferencia significativa.

Figura 4. Promedio de la variable Sabor



El sabor alcanzo un promedio de 7.9; este valor indica una aceptabilidad alta (8: me gusta mucho) de la muestra T2.

Al graficar la puntuación obtenida para cada tratamiento se puede observar que el T1 (100% harina de trigo), tuvo mayor aceptabilidad con un puntaje de 255, seguido de T2 (5% de harina de kiwicha y 100 mg de calcio de la cascara de huevo) con un puntaje de 237 lo que significa que tiene un sabor agradable. Mientras que T7 (15% de harina de kiwicha y 100 mg de calcio de la cascara de huevo) fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas

Delgado, 1981; menciona que la Sabor evaluada en panes con una sustitución al 20% con harina de cebada fue agradable, con ligero sabor agradable.

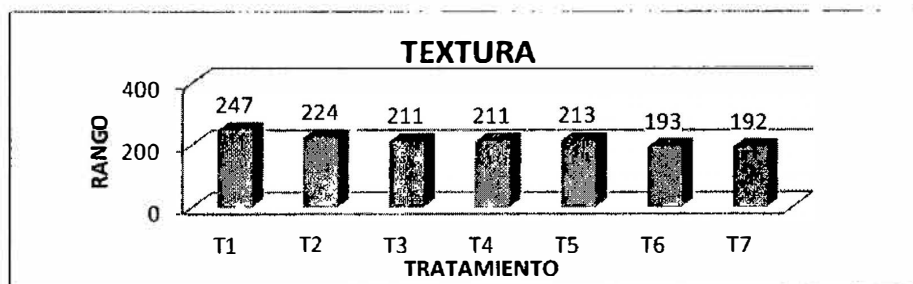
4.2.1.4 Análisis multifactorial - Textura del pan

Luego de realizar la evaluación sensorial los resultados obtenidos a partir de la degustación fueron analizados estadísticamente mediante el ANOVA, al mismo que se encuentra en el anexo 15, donde (Valor-P: Calcio = 0.2021, Harina de kiwicha = 0.0000 y la interacción del calcio y la harina de kiwicha = 0.1022), en el cual se observó que el Valor-P para la interacción del calcio con la harina de kiwicha fue mayor al nivel de significancia de 0.05. Lo cual implica que la interacción del calcio con la harina de kiwicha no influye en el color de los panes. No existe diferencia significativa.

El Valor-P; para la harina de kiwicha es de 0.000, menor al nivel de significancia; la cantidad de calcio y de harina de kiwicha influye en el Textura del pan. Si existe diferencia significativa.

En el análisis de la Prueba de Múltiple Rango para Textura por Harina de Kiwicha se observa que 0% - 15% y 5% - 10% no hay diferencia significativa, pero entre 0% - 5%, 0% - 10%, 5% - 15% y 10% - 15% si existe diferencia significativa

Figura 5. Promedio de la variable Textura



La Textura alcanzo un promedio de 7.5; este valor indica una aceptabilidad alta (8: me gusta mucho) de la muestra T2.

Al graficar la puntuación obtenida para cada tratamiento se puede observar que el T1 (100% harina de trigo), tuvo mayor aceptabilidad con un puntaje de 247, seguido de T2 (5% de harina de kiwicha y 100 mg de calcio de la cascara de huevo) con un puntaje de 224 lo que significa que tiene un sabor agradable. Mientras que T7 (15% de harina de kiwicha y 150 mg de calcio de la cascara de huevo) fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas.

Delgado, 1981; menciona que la textura evaluada en panes con una sustitución al 20% con harina de cebada presenta una característica uniforme, tierna suave, así mismo Reynoso, 1990; realizo un estudio con sustitución de harina de papa en la elaboración de pan en diferentes porcentajes (10, 15, 20, 25 y 30) adicionándole además semillas de algodón (7 y 10%), los resultados de la textura del pan se tornó cada vez más delgada

conforme se usaron mayores niveles de papa, este efecto se acentuó aún más cuando el concentrado proteico de semilla de algodón fue empleada.

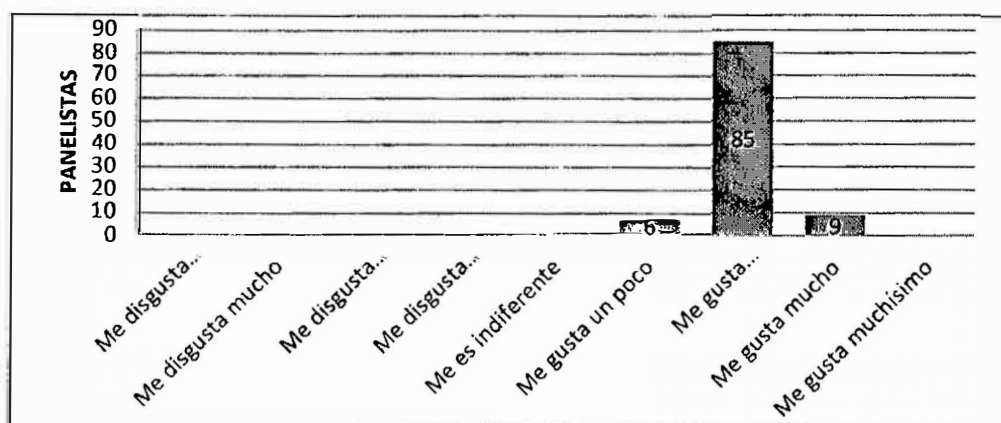
4.2.2 Análisis de la aceptabilidad

En la figura 6, se presenta el resultado de la encuesta de aceptabilidad del pan que fue elegido como el mejor pan por presentar las mejores cualidades sensoriales y nutritivas cuya formulación fue 10% de harina de kiwicha, 90% de harina de trigo y 150 mg de calcio.

En el figura 6. Se observa de los encuestados que al 85% les gusta moderadamente y que al 9% les gusta mucho, teniendo 94% de aceptación, siendo para ellos un producto alternativo de consumo; pero no llegando a sustituir por completo al pan de trigo.

Pérez 1998, en su tesis “Enriquecimiento del pan, por sustitución parcial de harina de trigo por torta de soya”. Concluye que la muestra patrón es la que tiene mayor aceptación que los demás tratamientos enriquecidos con torta de soya y que presentan ciertas limitaciones organolépticas con respecto al no enriquecido.

Figura 6. Resultado de la encuestas de aceptabilidad del pan elegido panelistas



Piscoya, 2002; menciona en su investigación que los panes fortificados con calcio tuvieron una buena aceptabilidad a pesar que existió diferencia significativa entre los jueces. Sin embargo el pan fortificado con mayor cantidad de calcio (200 mg) en su composición mostro una ligera preferencia frente a los otros 2 tipos (150 y 0 mg).

En cuba se elaboró un pan salado y dulce fortificado con calcio de tal manera que cada pan contenía 477 y 538,80 mg, teniendo una aceptabilidad (sobre la población objetivo) del 100% y 96% respectivamente Riera 1999. En chile también se fortifico el pan con calcio con una concentración de 120 mg de calcio por unidad de pan, el cual posterior a la prueba de aceptación obtuvo resultados de “le gusto” o “les gustó mucho” en un 80% de la población. (Toop O, 1994).

4.2.3 Análisis químico proximal y fisicoquímico del pan.

En el tabla 12, se muestra los resultados obtenidos en relación al contenido de proteína, humedad, ceniza, grasa, carbohidrato y acidez de los panes expresado en %, obtenidos en los diferentes tratamientos de sustitución.

Tabla 12. Análisis físico-químico del pan, sus sustituciones de harina de Kiwicha fortificado con acetato de calcio.

Niveles de sustitución	Muestra T1	Muestra T2	Muestra T4	Muestra T5
Humedad (%)	23.9±0.19	23.1±0.14	23.2±0.09	23.5±0.49
Ceniza (%)	3.10±0.21	3.40±0.19	3.70±0.18	3.50±0.23
Proteína (%)	9.40±0.32	10.1±0.15	10.0±0.13	10.3±0.13
Grasa (%)	6.10±0.23	6.50±0.17	6.60±0.29	6.90±0.12
Carbohidratos (%)	53.7±0.31	53.2±0.25	53.3±0.12	52.9±0.15
pH	5.50±0.09	5.50±0.14	5.60±0.18	5.60±0.10
Acidez %	0.11±0.02	0.10±0.01	0.11±0.03	0.10±0.01

(T1) 100% de harina de trigo.

(T2) 5% de harina de kiwicha y 95% de harina de trigo.

(T4) 10% de harina de kiwicha y 90% de harina de trigo.

(T6) 15% de harina de kiwicha y 85% de harina de trigo.

Los valores de la humedad están dentro de los parámetros permisibles de panes según Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación Galletas y Pastelería. NTP (206.003,2011:5), para pan común donde el rango mínimo es de 23% y el máximo de 40%.

Los valores de la acides están dentro de los parámetros permisibles de panes según Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación Galletas y Pastelería. NTP (206.003,2011:5) para pan común donde menciona no más de 0.25% calculado sobre la base de 30% de agua.

Los valores de cenizas (3.1% a 3,5% en base seca) van aumentando gradualmente de acuerdo al mayor grado de enriquecimiento y fortificación del pan. Cuan mayor es la sustitución de la harina de trigo por harina de kiwicha mayor es la cantidad de minerales (cenizas) del pan. Las cenizas

superan lo establecido por la NTP (206.003,2011:5) para harinas extra (1,0%). Ello se podría explicar por el elevado contenido de cenizas en la harina

de kiwicha y por la adición de acetato de calcio.

Los valores de proteína del pan están por encima del límite mínimo según NTP (206.003,2011:5) cuyo límite mínimo es de 7.5%.

Pruebas de significancia en Grasa.

Tabla 13. Pruebas de significancia en Grasa: Prueba T e IC de dos muestras

Pruebas de significancia en Grasa	Valor P
5% de harina de kiwicha	0.138
10% de harina de kiwicha	0.080
15% de harina de kiwicha	0.039

Se observa que el valor-p es 0.138 y 0.080 mayor al nivel de significancia de 0.05, lo cual implica que el promedio de grasa del grupo control es igual al promedio de grasa de pan al 5% y 10%; por lo tanto podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que no existe diferencia significativa.

Del cuadro se observa que el valor-p es 0.039 menor al nivel de significancia de 0.05, lo cual implica que el promedio de gras del grupo control es diferente al promedio de grasa de pan al 15%; por lo tanto podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que existe diferencia significativa.

Tabla 14. Cantidad de calcio por unidad de Pan

Calcio mg	Muestra T1	Muestra T2	Muestra T3	Muestra T4	Muestra T5	Muestra T6	Muestra T7
	62.2±0.21	161.1±0.32	213.5±0.09	163.9±0.12	220.1±0.08	165.8±0.22	223.9±0.15

(T1) 100% de harina de trigo.

(T2) 100 mg de Ca⁺², 5% de harina de kiwicha y 95% de harina de trigo.

(T3) 150 mg de Ca⁺², 5% de harina de kiwicha y 95% de harina de trigo.

(T4) 100 mg de Ca⁺², 10% de harina de kiwicha y 90% de harina de trigo.

(T5) 150 mg de Ca⁺², 10% de harina de kiwicha y 90% de harina de trigo.

(T6) 100 mg de Ca⁺², 15% de harina de kiwicha y 85% de harina de trigo.

(T7) 150 mg de Ca⁺², 15% de harina de kiwicha y 85% de harina de trigo.

Con un nivel de significancia de 0,05, lo cual implica que el promedio de calcio del grupo control es diferente al promedio de calcio de pan al 5% de harina kiwicha 100 mg de calcio, 5% de harina kiwicha y 150 mg de calcio, 10% de harina kiwicha y 100 mg de calcio, 10% de harina kiwicha y 150 mg de calcio, 15% de harina kiwicha y 100 mg de calcio, 15% de harina kiwicha y 150 mg de calcio; por lo tanto podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que si existe diferencia significativa entre estos tratamientos.

Piscoya C, 2002; menciona que el carbonato de calcio es un aditivo alimentario que presenta mayores ventajas frente a otros, como el citrato y acetato, ya que el carbonato presenta mayor porcentaje de calcio elemental (40.04%), posee bajo costo y además el codex alimentario señala sus condiciones de uso.

El carbonato de calcio posee una absorción (28 %), y acetato de calcio absorbe hasta en un 40 % en ayunas y hasta en un 30 % en condiciones de no ayuno Berk Z, 1990.

Tabla 15. Pruebas de significancia en Calcio: Prueba T e IC de dos muestras

Pruebas de significancia en Calcio.	Valor P
5% harina kiwicha y 100 mg de Ca ⁺⁺	0.000
5% harina kiwicha y 150 mg de Ca ⁺⁺	0.000
10% harina kiwicha y 100 mg de Ca ⁺⁺	0.000
10% harina kiwicha y 150 mg de Ca ⁺⁺	0.000
15% harina kiwicha y 100 mg de Ca ⁺⁺	0.000
15% harina kiwicha y 150 mg de Ca ⁺⁺	0.000

Del cuadro se observa que el valor-p para todos los tratamientos es 0.000, menor al nivel de significancia de 0.05, por lo tanto podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que si existe diferencia significativa entre estos tratamientos.

4.2.4 Resultados de ganancia de peso y consumo de alimentos por las ratas

En la figura 2, se observa el promedio de peso ganado semanalmente por los animales experimentales. La ganancia de peso de las ratas alimentadas con la dieta control (caseína) fue mayor que la de los otros tratamientos, esta superioridad se presentó en la primera, segunda, tercera y cuarta semana.

Figura 7. Ganancia de peso de ratas

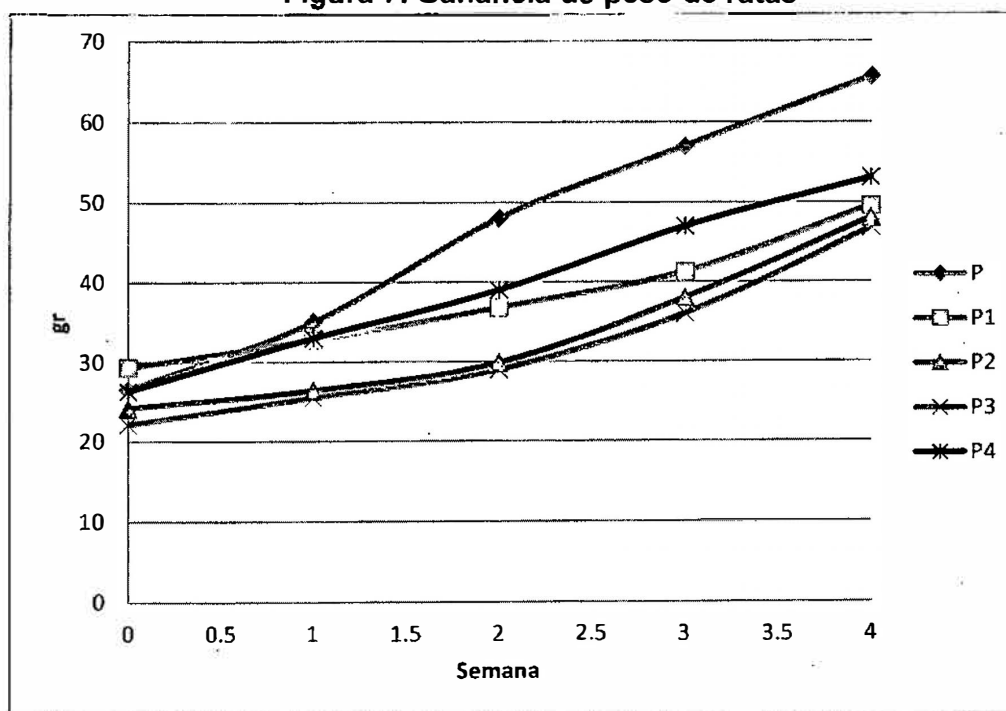


Tabla 16. Resultados de Ganancia en peso y consumo de Alimentos por las ratas

Niveles de sustitución	Caseína	T1	T2	T4	T6
Numero de ratas	10	10	10	10	10
Peso inicial (g)	26.52	29.31	24.17	22.11	26.31
Peso final (g)	65.64	49.57	48.04	46.78	53.09
Ganancia de peso (g)	39.12	20.26	23.87	24.67	26.78
Consumo de alimentos (g)	180.41	153.91	160.17	169.81	168.61
Porcentaje de la proteína en la dieta (%)	10.91	9.4	10.1	10.0	10.3
Proteína consumida (g)	19.69	14.47	16.18	16.98	17.34

T1: Pan con 100% de harina de trigo

T2: Pan con 95% de harina de trigo, 5% de harina de Kiwicha.

T4: Pan con 90% de harina de trigo, 10% de harina de Kiwicha.

T6: Pan con 85% de harina de trigo, 15% de harina de Kiwicha.

En el tabla 16, se observa también que a mayor consumo de alimento, mayor fue el consumo de proteína.

4.2.5 Resultados de la evaluación del Índice de Eficiencia Proteica (P.E.R.)

Los valores obtenidos del PER demuestran un bajo valor nutritivo de la proteína de los panes en comparación con la proteína control.

La calidad de una proteína está relacionada fundamentalmente con su composición de aminoácidos esenciales y con su digestibilidad, el trigo carece de algunos aminoácidos esenciales mas no así la kiwicha pero por su bajo porcentaje de sustitución no hay una diferencia significativa.

Las proteínas de alta calidad son las que contienen todos los aminoácidos esenciales FAO 1985. Es por eso que las proteínas del trigo no son de alta calidad porque carecen de algunos aminoácidos esenciales como la lisina, treonina, metionina y triptófano. Las proteínas de origen animal son de mejor calidad que las de los cereales Dendy, D. y Dobraszczyk, B. 2004

Tabla 17. Resultado de la Evaluación del Índice de Eficiencia Proteica (P.E.R)

PRODUCTO	P.E.R VALOR REAL	P.E.R VALOR AJUSTADO
CASEINA	1.99	2.5
T1: Pan de harina harina de trigo 100%	1.40	1.76
T2: Pan enriquecido con 5% de harina de kiwicha.	1.48	1.86
T4: Pan enriquecido con 10% de harina de kiwicha.	1.45	1.82
T6: Pan enriquecido con 15% de harina de kiwicha.	1.54	1.93

Los muestras de T6 y T2 poseen los valores de PER más altos. Es así que estas dos muestras proporcionaron los incrementos de peso más altos. El

incremento de P1 Y P3 es menor a las otras dos muestras, por tener menos eficiencia proteica.

Según la FAO (1975), los valores de PER bajos se deben a que los factores antinutritivos (inhibidores de tripsina, hemaglutinina, etc.) no se inactivan adecuadamente. La limitación del PER, es que parte del supuesto de que la ganancia de peso es debida exclusivamente al aporte proteico del alimento, lo cual no necesariamente es cierto, ya que determinadas dietas pueden provocar retención de agua

Según Pellet 1980, el defecto más serio que adolece la prueba del PER es que no estipula ningún margen de tolerancia en lo referente a la proteína para mantenimiento y, en consecuencia los valores obtenidos no son proporcionales a la calidad de la proteína; es decir, una proteína con PER de 2 no es doblemente mejor que un PER de 1.

Según la FAO (1975), los valores de PER bajos se deben a que los factores antinutritivos (inhibidores de tripsina, hemaglutinina, etc.) no se inactivan adecuadamente. La limitación del PER, es que parte del supuesto de que la ganancia de peso es debida exclusivamente al aporte proteico del alimento, lo cual no necesariamente es cierto, ya que determinadas dietas pueden provocar retención de agua.

4.2.6 Determinación del valor calórico

En la tabla 18, se puede observar que el pan que obtuvo mayor Kcal/100 g fue el de 85% de harina de trigo, 15% de harina de Kiwicha (314,9 Kcal/100

g) seguido por los de 10% (313.0 Kcal/100 g), 5% (311.7 Kcal/100 g) y 0% (307.1 Kcal/100 g) respectivamente.

El que tiene mayor valor calórico en proteínas es el pan que está más enriquecido de harina de kiwicha (15%, 10%, 5% y 0%, respectivamente).

Lo contrario se muestra con respecto a las grasas y a los carbohidratos, el pan no enriquecido tuvo mayor kcal/100 g que los enriquecidos en el siguiente orden de sustitución con la harina de kiwicha al 5%, 10% y 15%, respectivamente.

Tabla 18. Valor calórico del pan y sus diferentes sustituciones (5%, 10% y 15%)

Componentes	T1	T2	T4	T6
Calorías proporcionadas por la proteína	37.6	40.4	40.0	41.2
Calorías proporcionadas por la grasa	54.9	58.5	59.4	62.1
Calorías proporcionadas por los carbohidratos	214.8	212.8	213.2	211.6
Valor calórico Kcal/100 g	307.3	311.7	313.6	314.9

T1: Pan con 100% de harina de trigo

T2: Pan con 95% de harina de trigo, 5% de harina de Kiwicha.

T4: Pan con 90% de harina de trigo, 10% de harina de Kiwicha.

T6: Pan con 85% de harina de trigo, 15% de harina de Kiwicha.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Luego del análisis e interpretación de los resultados en esta investigación, permiten concluir lo siguiente:

- El pan que obtuvo mayor puntuación en el análisis organolépticos (aroma, color, sabor y textura), es la formulación 95% de harina de trigo, 5% de harina de kiwicha y 100 mg de calcio, con un valor de 7.63 ± 0.57 en la escala hedónica cuyo valor se encuentra entre me gusta moderadamente y me gusta mucho. Este resultado fue similar a la muestra patrón.
- El pan que tuvo mayor aceptabilidad es el tratamiento T5, que tiene la siguiente formulación: 90% de harina de trigo, 10% de harina de kiwicha y 150 mg de calcio. Además los porcentajes más altos de harina de kiwicha en la mezcla no permiten el buen desarrollo de las masas en la fermentación, dándole a las mismas una elasticidad baja, influyendo también directamente en la aceptabilidad del producto.
- En los análisis químico proximal y fisicoquímico, todos los tratamientos obtuvieron valores que se encuentran dentro de las normas nacionales e internacionales, pero el tratamiento que obtuvo un valor por encima del resto fue T7, el pan elaborado con 85% harina trigo, 15% harina de kiwicha y 150 mg de calcio.

- La incorporación de harina de kiwicha a la formulación del pan no vario significativamente la calidad biológica de la proteína, obteniéndose el índice de eficiencia proteica (PER) corregido 1.74 en el pan sin enriquecer, 1.86, 1.82 y 1.93 en los panes enriquecidos con harina de kiwicha al 5%, 10% y 15%, respectivamente. Por lo cual se concluye que la adición de la harina de kiwicha no influye significativamente en el índice de eficiencia proteica. La formulación de 85% de harina de trigo y 15% de harina de kiwicha fue el tratamiento que obtuvo el PER más cercano a la muestra patrón (caseína 100%). por lo que se concluye que a mayor porcentaje de sustitución de harían de kiwicha mayor será índice de eficiencia proteica (PER). El tratamiento que obtuvo el mayor valor calórico fue el pan enriquecido al 85% de harina de trigo y 15% de harina de kiwicha con un valor calórico de 314 cal/100 g, que representa casi la quinta parte del requerimiento diario de calorías de una persona adulta.

5.2. Recomendaciones

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten emitir las siguientes recomendaciones

- Se realice nuevas investigaciones en pan fortificado y enriquecido, aplicando otras harinas sucedáneas, así también en otros productos alimenticios derivados del área de panificación como: tallarines, fideos, galletas, tortas, entre otros.
- Debido a la baja disponibilidad de la kiwicha en nuestro medio se recomienda hacer investigaciones aplicando este producto en otros campos de la agroindustria para así fomentar el cultivo y el consumo de este importante cereal andino.
- Se realice una investigación donde se puedan aplicar porcentajes más elevados de harina de kiwicha a la mezcla, así como también emplear nuevas tecnologías en su elaboración.
- Realizar estudios de la biodisponibilidad del acetato de calcio en los panes fortificados.
- Realizar estudios sobre la vida en anaquel del pan enriquecido con acetato de calcio ya que en otros estudios lo utilizaron como al acetato de calcio como conservante.
- Realizar una evaluación económica financiera, que muestre la factibilidad de la producción comercial de estos productos.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Alais C, Linden C. Manual de Bioquímica de los alimentos. España: Editorial Masson, S.A; 1990.
2. Alvarez Z, Tusa E. elaboración de pan dulce precocido enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) (tesis)Universidad Tecnica Del Norte. Facultad de Ingenieria en Ciencias Agropecuarias y Ambientales E.I.A. Ibarra-Ecuador; 2009.
3. Bennion E. Fabricación del pan. Edición en español. Editorial Acribia. Zaragoza, España; 1967.
4. Benítez G, Sarno M, Delfino M .Disolución de la cáscara de huevo de gallina en HCl Universidad Nacional Del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE. Argentina, 2000.
5. Berk Z. Introducción a la bioquímica de los alimentos. México: D.F. Editorial Manual Moderno, S.A; 1990.
6. Carrera P. Sustitución de la harina de trigo por quinua precocida en la elaboración del pan. Tesis UNALM. . Lima-Perú; 1995.
7. Calaveras J. Tratado de panificación y bollería. A. Madrid Vicente Ediciones, Primera Edición. España; 1996.
8. Calvaresi B, Hughes D. Short-term folate, vitamin B-12 or vitamin B-6, Calcium supplementation in women of various ages. J .Nutr. pp: 132, 1345–1356; 2002.
9. Calvel R. La panaderia moderna. 2da edición. Editorial Americalee SRL.Buenos Aires, Argentina; 1983.

10. Collazos C. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Instituto Nacional de Nutrición. Lima – Perú; 1998.
11. Diana L, Gómez R (2011). Cuantificación de Calcio en soluciones caseras que contienen cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*); 2011.
12. Espinosa J. Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria EDUNIV. La Habana; 2007.
13. F.A.O. Miguel Ángel Olvera Novoa Carlos A. Martínez Palacios Elizabeth Real de León Manual de Técnicas para Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos México; 1993.
14. FAO. Nutrición Humana en el Mundo; 2002.
15. Genaro A, Remington F. “Nutrición en la práctica farmacéutica.” 20ª Edición. Editorial médica panamericana, S.A. Buenos Aires, Argentina. Vol II 1368 pp; 2003.
16. Gómez D. Cuantificación de Calcio en soluciones caseras que contienen cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*). Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad De Ciencias Químicas Y Farmacia; 2011.
17. Guyton A. Tratado de fisiología médica. 6ª ed. México: D.F. Editorial Interamericana, S.A. de C.V; 1987.
18. Izquierdo J. El Cultivo del Amaranto (*Amaranthus spp.*) Producción, mejoramiento genético y utilización. Chile – FAO; 1997.

19. INCAP, OPS. Tabla de composición de los alimentos de Centroamérica. 2ª Edición. Guatemala; 2007.
20. Monrroy O, Viniegra G. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. México DF. Editorial AGT; 1990.
21. Mujica A. Cultivo de quinua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Dirección general de Investigación Agraria, Manual N° 11-93; 1997.
22. MINSA. Ministerio de Salud de Perú, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Dirección Ejecutiva de Vigilancia Alimentaria y Nutricional. Resultados del Sistema de Información del Estado Nutricional 2010, 2011, 2012 y 2013 – SIE; 2014.
23. Piscoya C. Formulación, elaboración y prueba de aceptabilidad de pan francés fortificado con calcio en 2 concentraciones diferentes. (tesis)Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Facultad de Medicina Humana E.A.P. Nutrición Lima; 2002.
24. Pamplona J. Enciclopedia de los Alimentos y su Poder Curativo; 2002.
25. Passeti V, Campo M. “incorporación del amaranto y sus aptitudes nutricionales al mercado de alimentos, aptos para celíacos y libre de gluten”. En: Espacio científico. Editora Fundación Cervantes; 2012.
26. Peterson S, Johnson A. Enciclopedia of food science. The AVI Publishing Company. Vol III Inc. Conecticut. USA; 1978.



27. Pérez L. Enriquecimiento del pan, por sustitución parcial de harina de tipo (*Triticum vulgare*) por torta de soya (*Glycine máx.*). (tesis). Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Industrias Alimentarias; 1998.
28. Poste L, Mackie D, Butler G, Larmond E. Laboratory methods for sensory analysis of food. Ottawa Minister of Supply and Services. Canadá; 1991.
29. Rosas F, Copa T, Salinas J. Métodos estadísticos aplicados en la Industria Alimentaria. Lima. Departamento de Estadística e Informática. Universidad Nacional Agraria-La Molina; 1992.
30. Tapia M. Cultivos andinos sub-explotados y su aporte a la alimentación. 1ra - 2da Edición; 2000.
31. Texeira E, Minerte E, Barbeta P. Análisis sensorial de los alimentos. Editorial Da UFSC. Florianopolis. Brasil; 1987.
32. Tórtora G. Principios de Anatomía y Fisiología. Trad. Janer. México. Editorial Harla; 1999.
33. Vásquez W, Paulet P. Obtención de calcio y magnesio a partir de conchas de choro (*Aulacomya ater*) molina para enriquecer un Néctar de durazno (*Prunus persica* l.) variedad blanquillo. Rev. Soc. Quím. Perú; 2007.
34. Valderrama M. Influencia de la sustitución de harina de trigo por harina y afrechillo de kañihua en la calidad de pan. Tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias. Lima-Perú; 1996
35. Weemle H. Enfermedades de las aves. España; 1996.

36. Zumaran O, e Yglesias L. “Optimización de las propiedades físicas, nutritivas y sensoriales del pan elaborado con harina de esparrago, kiwicha y trigo”. En: Revista de Ciencia y tecnología. Universidad Nacional de Trujillo. Vol 9 núm. 3; 2013.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

1. Anzaldúa, M.A. "La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y en la Práctica". Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España; 1994.
2. Cauvain S. y Young L." Ciencia y Tecnología y Practica", Editorial Acribia S.A, Zaragoza España; 2006.
3. Enmendados. "Principios Generales para la Adición de Nutrientes Esenciales a los Alimentos; 1989.
4. Esparza Mónica, Rebeca Domínguez, Natalia González Méndez, Ramón Pacheco Y Enrique Ramos. Caracterización de la calidad de algunas bolognas en México. III. Evaluación sensorial con panelistas no entrenados. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol 38 N° 2. Junio. pp. 261-277; 1988.
5. FAO. Evaluación de la calidad de la proteína. Roma. Italia; 1992
6. F.A.O.Tecnología de la Producción de Harinas Comestibles y Productos Proteínicos a partir de la soya. Roma. Servicios de Industrias de la Agricultura y la Alimentación Dirección de Servicios Agrícolas. Departamento de Agricultura; 1975.
7. Guinet, R.; Godon, B. La Panificación. Ed. Montagud, Barcelona; 1996.
8. Hernández E." Evaluación sensorial"; Universidad Nacional Abierta y Adistancia- UNAD, Bogotá- Colombia 2005.
9. Humanes, J.P. Pastelería y Panadería. Ed. McGraw- Hill Interamericana, Madrid; 1994.



10. Julián E.M. " Evaluación sensorial de los alimentos " Editorial, Universitaria, Cuba; 2007
11. Lima Ribeiro Sandra María, Patricia Campos Y Julio Tirapegui. O rato como animal de laboratorio: histórico, dados biológicos e analice crítico de seu uso. Revista Farmacia y bioquímica. Universidad Sao Paulo. Vol 31 N° 1. Jun. pp. 21-28; 1995.
12. Mesas M, M. Alegre M." El pan y su Proceso de Elaboración. Ciencia y Tecnología Alimentaria; Vol. 3, n° 005pp. 307-313; 2002.
13. Quaglia G. "Ciencia y Tecnología de la Panificación", Editorial, Acribia S.A, Zaragoza España; 1991.
14. Sumar L. (*Amaranthus caudatus*), el pequeño gigante. Revista UNICEF, 14(26): 1241-1268; 1996.
15. Sánchez M., "Proceso de elaboración de alimentos y bebidas" Editorial AMU, pagina 110; 2003.
16. Quaglia G. "Ciencia y Tecnología de la Panificación", Editorial, Acribia S.A, Zaragoza España; 1991.
17. Reynoso Z.A. "Investigación tecnológica y Nutricionales sobre el uso de la papa en la producción de pan; Universidad Nacional Agraria la Molina-Lima Perú; 1990:
18. Rojas-Sánchez R, Sánchez-Urdaneta A. Efecto de la época de recolecta y órgano de la planta sobre el contenido de metales de (*Amaranthus caudatus*).Revista Mart. exThell. INTERCIENCIA, 36(5): 386-391; 2011.

19. Wastke, J.H. "Impact of processing on bioavailability examples of minerals in food"
Food Science and Technology 9: 320-327; 1998.
20. Watts B.M, G.L. Ylimarki L.E. Jeffery y L.G. Elias. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. CIID. Ottawa. Canadá; 1992.
21. Riera A, Ramón A, Morón M, Torres H, Marcheta N, Bluno G, Nicetich S. Modificación en la administración de pastillas de carbonato de calcio por pan fortificado en pacientes hemodializados. Revista de Nefrología, Diálisis y Transplante. N° 48 – Julio 1999, Págs. 11-16
22. Toop O, Witting de Penna E, Bungler A, Soto D, Cariaga L, Cornejo E, Fuenzalida R. Desarrollo de Alimentos para el Adulto Mayor: Pan Fortificado. Revista Alimentos. Revista de la Sociedad Chilena de Tecnología de Alimentos. N° 1 Vol 19. 1994.
23. Pellet P. y Young V. Evaluación nutricional de alimentos proteicos. Tokio. Universidad de las Naciones Unidas. 1990.
24. Reynoso Z. Z; investigación tecnológica y Nutricional sobre el uso de la papa en la producción de pan; universidad Nacional Agraria la molina – Lima Perú 1990.

ANEXOS

ANEXO 1:

Metodología de extracción de calcio en solución casera según Gómez (2011):

- a. Recolectar al redor de 100 cáscaras de huevos de gallina, 99 gramos, de tamaño mediano (comercial o de patio).
- b. Colocar los cascarones en un recipiente y agregar una solución desinfectante previamente preparada con 0.5L de agua del chorro con 3 gotas de hipoclorito de sodio al 4.72% (comúnmente denominado en casa como “cloro”), dejando reposar 30 minutos.
- c. Desaguar con agua purificada a temperatura ambiente hasta no observar espuma ni sentir sensación jabonosa.
- d. Colocar en bandeja de horno y secar a 70° C.
- e. Pulverizarlas en un mortero.
- f. Tamizar por mesh No. 20 (colador de cocina) para uniformizar el tamaño de partícula.
- g. Agregar con ayuda de una pipeta volumétrica de 10 mL a el Beaker las siguiente solucione casera vinagre (ácido acético diluido).
- h. Dejar reposar por 20 minutos.
- i. Filtrar con tela Organdy, mesh No.44, trasvasando a Erlenmeyer.

ANEXO 2:**Formulación para determinar la cantidad de acetato de calcio**

El criterio de formulación será obtener pan con un contenido de calcio de 100 y 150 mg por unidad.

El Acetato de calcio ((CH₃COO)₂Ca.) posee un peso molecular de 158 g/mol con una concentración de calcio de 40.04 g/mol.

Para que un pan tuviese 150 mg de calcio se tuvo que utilizar 0,5919 g de acetato de calcio, según la siguiente regla de 3:

$$\begin{array}{r} 158 \text{ g de acetato de calcio} \text{ --- } 40.04 \text{ g de calcio} \\ X \text{ --- } 0.150 \text{ g de calcio} \\ X = 0.5919 \text{ g de acetato de calcio por pano} \end{array}$$

Se tuvo en cuenta que de 1 kg de harina de trigo se obtiene 33 panes, de manera que por cada pan se necesita 30 g de harina de trigo y 1.97 % de acetato de calcio para 150 mg de calcio.

Se realizó el mismo procedimiento para que un pan contenga 100 mg de calcio en el cual se necesitó 0.3946 g (1.32 %) de acetato de calcio por unidad de pan.

ANEXO 3:

Ficha de Evaluación de los Panes

NOMBRE:.....FECHA.....

PRODUCTO:.....

INSTRUCCIONES:

Frente a usted hay siete muestras de pan. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gustas o disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/ categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

Puntaje	Categorías	Puntaje	Categorías
1	Me disgusta muchísimo	6	Me gusta un poco
2	Me disgusta mucho	7	Me gusta moderadamente
3	Me disgusta moderadamente	8	Me gusta mucho
4	Me disgusta un poco	9	Me gusta muchísimo
5	Me es indiferente		

ESCALA HEDÓNICA	Calificación para cada atributo			
	Aroma	Color	Sabor	Textura
M1				
M2				
M3				
M4				
M5				
M6				
M7				

COMENTARIOS:.....

MUCHAS GRACIAS!

ANEXO 4:
Determinación de proteínas por micro Kjeldahl por Método 12.1.07 (A.O.A.C., 2000):

5.1. Alcance y campo de aplicación

El método es aplicable a alimentos en general.

5.2. Fundamento

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en:

- a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo, o
- b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico.

5.3. Materiales y equipos

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg. ➤ Equipo Kjeldahl. ➤ Manto calefactor o cocina para digestión. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pH metro. ➤ Matraz Erlenmeyer. ➤ Probeta y bureta.
--	--

5.4. Reactivos

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ácido sulfúrico concentrado, p.a. ➤ Sulfato de potasio o sulfato de sodio, p.a. ➤ Sulfato cúprico, p.a. ➤ Solución de ácido sulfúrico 0,1 N. ➤ Solución de hidróxido de sodio al 30%. Disolver 300 g de NaOH y completar a 1 litro. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Solución indicadora de rojo de metilo al 1% en etanol. Disolver 1g de rojo de metilo en 100 mL de etanol (95 %). ➤ Solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Tomar 4 g de NaOH y enrasar a 1 litro con agua recientemente hervida y enfriada. Valorar con ácido succínico.
---	---

5.5. Procedimiento del método

5.5.1. Digestión

- Realizar la muestra en triplicado.
- Efectuar un ensayo en blanco usando una sustancia orgánica sin nitrógeno (sacarosa) que sea capaz de provocar la reducción de los derivados nítricos y nítricos eventualmente presentes en los reactivos.
- Pesar 0,2 g de muestra homogeneizada (m), con una precisión de 0,1 mg en un matraz de digestión Kjeldahl.

- Agregar 3 perlas de vidrio, 1g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0,5 g de sulfato cúprico y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente, dejar en ebullición 15 a 20 min. más. Si la muestra tiende a formar espuma agregar ácido esteárico o gotas de silicona antiespumante y comenzar el calentamiento lentamente.
- Enfriar y agregar 5 ml de agua. % y agua destilada al equipo destilador Kjeldahl.
- Finalmente poner el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente en exceso NaOH al 40% al matraz, el equipo de Kjeldahl es automático para este caso, solo se debe prender y presionar el botón de NaOH. antes de iniciar la destilación conectar 50 ml de una solución de ácido sulfúrico 0.1 N, con 4 a 5 gotas de rojo de metilo en un vaso de 250 ml para recibir el destilado. Finalmente destilar no menos de 150 ml.

5.5.2. Titulación

Titular el exceso de ácido con NaOH 0.1 N hasta color amarillo.

5.6. Cálculo y expresión de resultados

$$\%N = \frac{14 * N * (Vb - Vm) * (Factor)}{M * 1000} * 100$$

Dónde:

N: Normalidad del H₂SO₄

Vb: Gasto NaOH 0,1 N en el blanco y Vm: Gasto NaOH 0,1 N en la muestra.

M: Masa de la muestra, en gramos

Factor:

6,25: para carne, pescado, huevo, leguminosas y proteínas en general

5,70: para cereales y derivados de soya

Repetibilidad del método: La diferencia entre los resultados de dos determinaciones efectuadas una después de otra, por el mismo analista, no debe exceder 0,06 % de Nitrógeno o 0,38 % de proteína.

ANEXO 5:

Determinación de humedad (Método gravimétrico), según Método aplicado (NTP 209.264 – 2001)

4.1. Alcance y campo de aplicación

El método es aplicable a alimentos sólidos, líquidos o pastosos no susceptibles a degradación al ser sometidos a temperaturas superiores a 105 °C, hasta su peso constante. El contenido de agua de un producto se define como la pérdida de masa que experimenta en condiciones determinadas.

4.2. Fundamento

El método se basa en la determinación gravimetría de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire.

4.3. Materiales y equipos

➤ Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg	➤ Estufa regulada a 103 ± 2 °C
➤ Capsulas de vidrio con tapa, desecador	➤ Espátula y pinzas

4.4. Procedimiento

- Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0,1mg registrar (m1).
- Pesar 2g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m2).
- Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105 °C x 5 horas.
- Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.
- Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre tres pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (m3).

4.5. Cálculo y expresión de resultados

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{Humedad} = \frac{m2-m3}{m2-m1} * 100$$

Donde:

m1: masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos

m2: masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos

m3: masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos

ANEXO 6:

Determinación de cenizas Método (NTP 209.265 – 2001)

6.1. Materiales

- Crisoles
- 1 desecador
- 1 pinzas largas
- 1 par de guantes de asbesto
- 1 mufla
- 1 balanza analítica
- Muestra de harina seca
- 1 mechero de Bunsen
- Cerillos
- 1 tela de alambre
- 1 soporte con anillo
- 1 espátula

6.2. Procedimiento

- Maneje siempre los crisoles con pinzas
- Ponga a peso constante un crisol o cápsula de porcelana por cada muestra que se va a analizar, lo cual significa dejarlo durante 15 minutos en la mufla a una temperatura de 550 a 600 °C.
- Deje enfriar el crisol en un desecador durante 15 a 20 minutos. Procure no cerrar el desecador totalmente, ya que el calor de los crisoles puede provocar que la tapa se proyecte y se rompa.
- Pese el crisol en balanza analítica e identifíquelo con el número que tiene marcado en la parte inferior. Pese en el crisol 1-2 gramos de la muestra (sobre todo si va a determinar Ca y P) de la muestra seca. Registre el peso exacto.
- Pre incinere la muestra exponiéndola a la flama del mechero de Bunsen
- Incinere la muestra en la mufla precalentada entre 550 y 600°C durante 2 horas.
- Pese el crisol con cenizas (ya no deben estar negras, si lo están incinere otra media hora) en la misma balanza que utilizó inicialmente. Anote el peso.

6.3. Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{Cenizas} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right) * 100$$

Dónde:

P: Peso de la muestra = (Peso del crisol con muestra - Peso del crisol vacío)

P1: Peso de las cenizas = (Peso del crisol con cenizas - Peso del crisol vacío)

% de materia orgánica = 100 - % Cenizas base seca

ANEXO 7:

Determinación del PER:

Para la determinación del Índice de Eficiencia Proteica (PER), se usaron ratas machos “ratas de raza Holtzman” de 21-23 días de nacido.

Se evaluaron cuatro dietas, para la cual se trabajó cuatro grupos, cada uno conformado por 10 ratas; un grupo de ratas consumió la dieta que contenía de 100% de harina de trigo y las demás dietas con panes enriquecidos con 10,15 y 20% de pan. La duración del ensayo fue de cuatro semanas.

Las dietas tuvieron la siguiente composición en base seca:

Durante el ensayo, cada animal experimental estuvo alojado en jaulas individuales, provistas de comedores y bebedores especiales, donde se colocan la dieta y el agua, respectivamente, la que les fue suministrada. Así mismo, se mantuvieron las condiciones ambientales, es decir, una temperatura de 23°C y humedad relativa de 55-65%.

Al iniciar la experimentación y al finalizar cada semana de ensayo se registró el peso de todos los animales experimentales, en tanto que, el control de la ingesta del alimento fue realizado cada dos días a fin de conocer la proteína ingerida.

Los resultados semanales de peso ganado y proteína ingerida fueron tabulados para obtener el PER del alimento.

$$PER = \frac{\Delta P}{\Sigma AI \times F}$$

$$PER \text{ ajustado} = PER \text{ exp} \times \frac{PER \text{ caseína ref}}{PER \text{ caseína exp}}$$

Dónde:

ΔP = Incremento de peso (en gramos)

ΣAI = Alimento ingerido total (en gramos)

F = % de proteína en la dieta/ 100

PER exp.= Valor PER obtenido en el bioensayo.

PER Caseína ref.= Valor de la caseína de referencia = 2.5

PER Caseína exp. = Valor PER de la caseína obtenido en el bioensayo.

ANEXO 8:**Determinación de Calcio en el Alimento.****Reactivos.**

- Ácido clorhídrico (1 – 3 %)
- Ácido nítrico 70%
- Hidróxido de amonio (1:1 v/v)
- Indicador de rojo de metilo (1 g en 200 ml de etanol)
- Solución de oxalato de amonio 4.2 %
- Ácido sulfúrico 98 %
- Solución estándar de permanganato de potasio 0.05N

Materiales y Equipo.

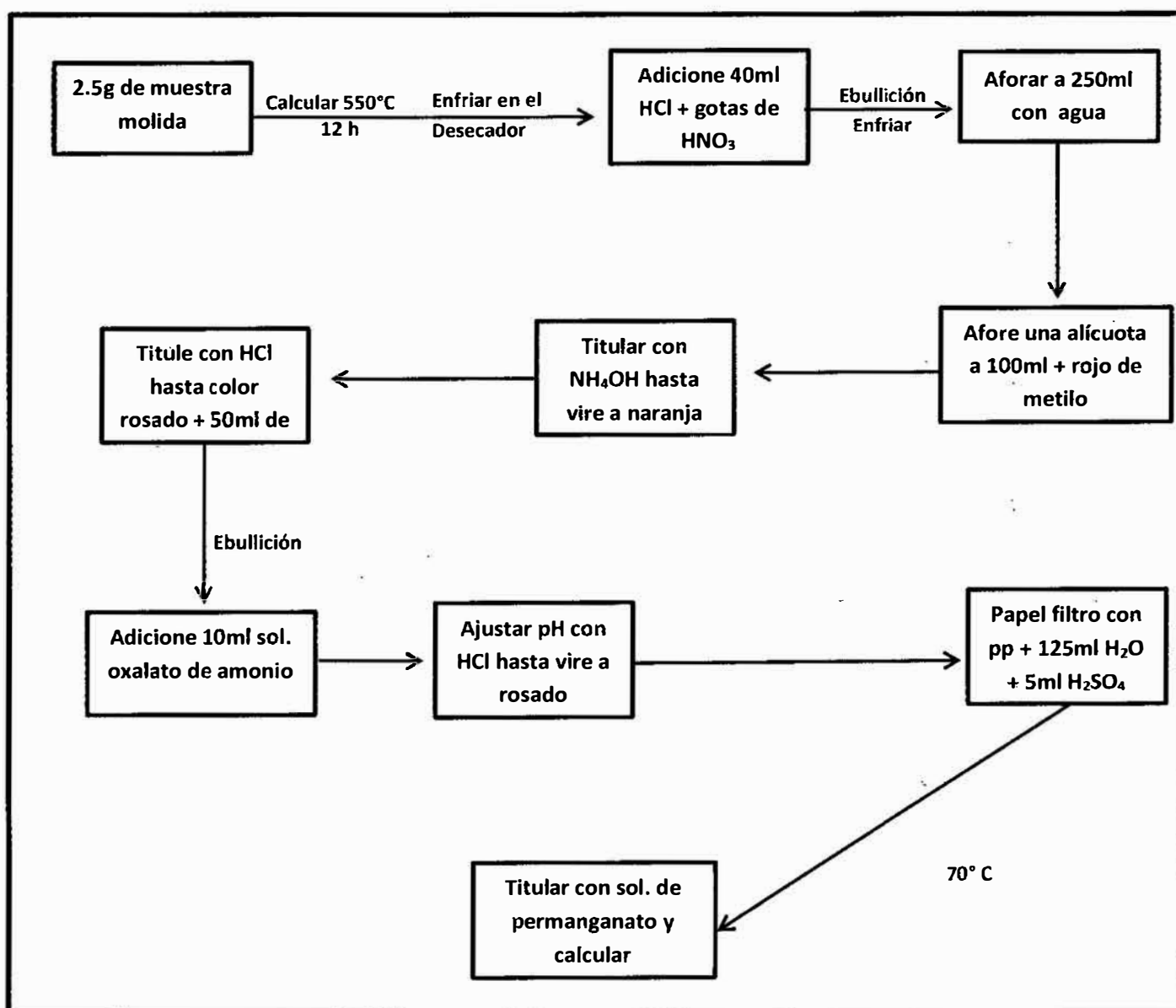
- crisoles de porcelana
- matraces volumétricos de 250 ml
- vasos de precipitado de 250 ml
- Papel filtro para análisis cuantitativos libre de cenizas

Procedimiento.

Calcine en crisol de porcelana 2.5g de muestra finamente molida. Adicione 40ml de HCl y unas gotas de HNO₃ al residuo, caliente el crisol hasta ebullición, enfríe y transfiera a un matraz volumétrico de 250ml, afore y mezcle. Pase a un vaso de precipitado 100 ml de sol. Para cereales o alimentos con cereales ó 25ml para alimentos con minerales. Diluya a 100ml y adicione 2 gotas de rojo de metilo. Adicione NH₄OH gota a gota hasta que vire a pardo anaranjado, luego adicione 2 gotas de HCl para dar un color rosa. Diluya con 50ml de agua, hierva y adicione con agitación 10ml de sol 4.2% de oxalato de amonio. Ajuste el pH con ácido para regresar al color rosa si es necesario.

Déje reposar, filtre y lave el precipitado con la solución de NH_4OH (1.5%). Coloque el papel filtro con el precipitado en un vaso, adicione una mezcla de 125ml de agua y 5ml de H_2SO_4 , caliente a 70°C y titule con la solución de permanganato y calcule:

$\text{Ca} (\%) = 0.1((\text{ml Sol. Permanganato}/\text{Peso de la Muestra}) \times (\text{Alicuota usada en ml}/250)).$



<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab489s/AB489504.htm>

Determinación de calcio en alimento e ingredientes alimenticios

ANEXO 9:

FORMATO PARA LA PRUEBA DE ACEPTACION

FICHA N°01

PRUEBA ESCALA HEDÓNICA-ESCALA ESTRUCTURADA

NOMBRE:.....

FECHA:.....

Pruebe y evalúe la muestra usando la escala presentada para describir su nivel de grado.

- 9 Me gusta muchísimo
- 8 Me gusta mucho
- 7 Me gusta moderadamente
- 6 Me gusta un poco
- 5 Me es indiferente
- 4 Me disgusta ligeramente
- 3 Me disgusta moderadamente
- 2 Me disgusta mucho
- 1 Me disgusta muchísimo

COMENTARIOS:.....

.....

ANEXO 10:**EXTRACCIÓN DIRECTA DE GRASA: MÉTODO SOXHLET****PROCEDIMIENTO****Aparatos y materiales**

- baño de agua (hasta punto de ebullición)
- dispositivo de extracción de Soxhlet con matraz redondo/ de fondo plano de 250 ml y refrigerante a reflujo.
- cartuchos de extracción.
- perlas de vidrio.

Reactivos

- éter dietílico.
- éter de petróleo.
- sulfato de sodio anhidro.

Determinación

Se pesan unos 5-10 g de muestra homogeneizada con una precisión de ± 1 mg, y en su casi deseado, en un cartucho de extracción libre de grasa y se coloca este, tras ser cerrado con guata, en la pieza media del dispositivo de extracción de Soxhlet. El matraz redondo seco a 103 ± 2 °C, exactamente pesado, provisto de las perlas de vidrio se llena con una cantidad suficiente de disolvente y se acopla al dispositivo. Durante la extracción, que tiene lugar al baño maría y dura 4-6 horas, debe vaciarse regularmente el espacio de extracción, es decir la pieza media del dispositivo, a través del conducto ascendente (unos 20- 30 vaciados). Al finalizar la extracción se sigue destilando el disolvente. Para ello puede utilizarse directamente el dispositivo de soxhlet: el disolvente que se va condensando debe recogerse en el recinto de extracción, de tal manera que la superficie del líquido no rebose el nivel del conducto ascendente y desemboque es parte en un recipiente de recogido.

a continuación el matraz se coloca durante una hora en una estufa a 103 ± 2 °C, con lo que se eliminan del residuo los últimos restos del disolvente. El matraz se pesa tras enfriarse en un desecador.

Calculo:
$$G(\%) = \frac{m_2 - m_1}{M} \cdot 100$$

El porcentaje de grasa G se calcula de acuerdo con la siguiente igualdad:

En donde m1: masa en g del matraz redondo

m2: masa en g del matraz redondo con grasa tras el secado.

M: peso de la muestra en g

ANEXO 12:

Datos obtenidos de la Aceptabilidad de los panes elaborados con harina de trigo y harina de kiwicha.

Puntuación aceptación obtenidos a partir de mejor tratamiento

Panelistas	¿Le gusta el pan?	Panelistas	¿Le gusta el pan?	Panelistas	¿Le gusta el pan?
P1	7	P34	7	P67	7
P2	7	P35	7	P68	7
P3	7	P36	7	P69	7
P4	7	P37	7	P70	7
P5	7	P38	7	P71	8
P6	8	P39	6	P72	7
P7	7	P40	7	P73	7
P8	7	P41	7	P74	7
P9	7	P42	7	P75	7
P10	7	P43	7	P76	6
P11	8	P44	8	P77	7
P12	7	P45	7	P78	7
P13	7	P46	6	P79	7
P14	7	P47	7	P80	7
P15	7	P48	7	P81	7
P16	6	P49	7	P82	7
P17	7	P50	8	P83	7
P18	7	P51	7	P84	7
P19	7	P52	7	P85	8
P20	7	P53	8	P86	7
P21	7	P54	7	P87	7
P22	7	P55	7	P88	7
P23	7	P56	7	P89	7
P24	7	P57	7	P90	7
P25	7	P58	8	P91	6
P26	8	P59	7	P92	7
P27	7	P60	7	P93	7
P28	7	P61	7	P94	7
P29	6	P62	7	P95	7
P30	7	P63	7	P96	7
P31	7	P64	7	P97	7
P32	7	P65	7	P98	7
P33	7	P66	7	P99	7
				P100	7

- 1: Me disgusta muchísimo 4: Me disgusta ligeramente 7: Me gusta modernamente
 2: Me disgusta mucho 5: Me es indiferente 8: Me gusta mucho
 3: Me disgusta moderadamente 6: Me gusta un poco 9: Me gusta muchísimo

ANEXO 13:

A. Análisis multifactorial - Color.

ANOVA Multifactorial-Color.

Tabla 20. Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Calcio	0.0666667	1	0.0666667	0.16	0.6865
B:Harina de kiwicha	28.2833	3	9.42778	23.09	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.5	3	0.166667	0.41	0.7473
RESIDUOS	94.7333	232	0.408333		
TOTAL (CORREGIDO)	123.583	239			

Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Harina de kiwicha

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Harina de kiwicha</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15	60	6.66667	0.0824958	x
0	60	6.73333	0.0824958	x
10	60	7.35	0.0824958	x
5	60	7.41667	0.0824958	x

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5	*	-0.683333	0.229862
0 - 10	*	-0.616667	0.229862
0 - 15		0.0666667	0.229862
5 - 10		0.0666667	0.229862
5 - 15	*	0.75	0.229862
10 - 15	*	0.683333	0.229862

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Calcio

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Calcio</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
100	120	7.025	0.0583333	x
150	120	7.05833	0.0583333	x

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
100 - 150		-0.0333333	0.162537

* indica una diferencia significativa.

Figura 8.
Medias y 95.0% de Fisher LSD

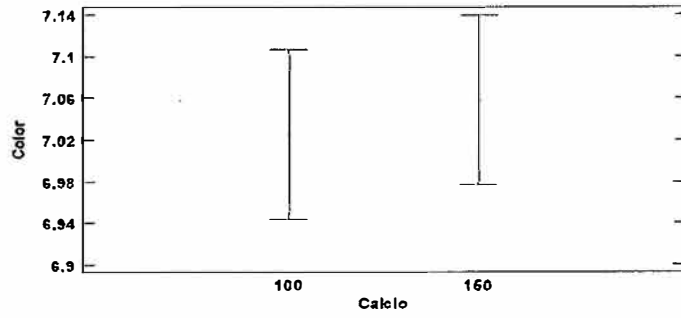


Figura 9.
Medias y 95.0% de Fisher LSD

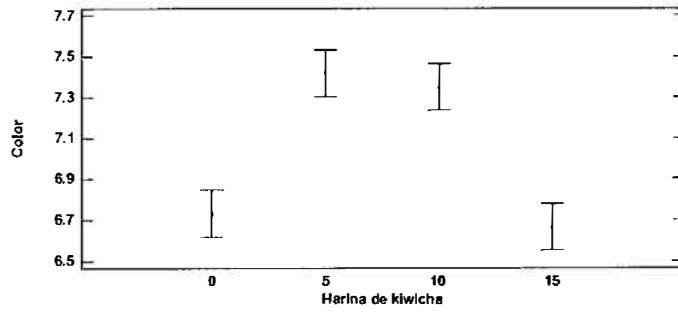


Figura 10.
Gráfico de interacciones

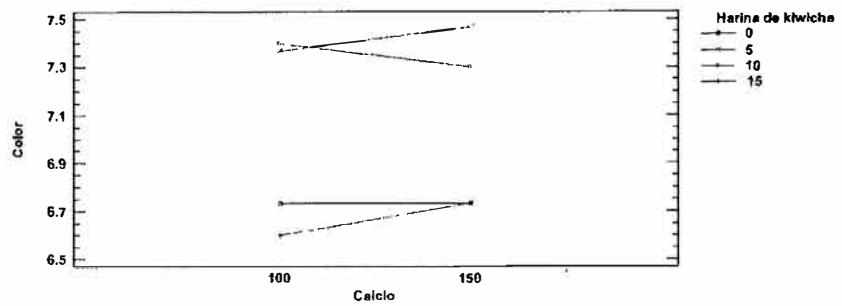
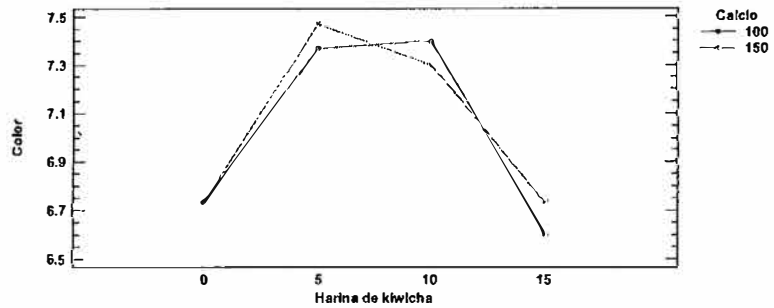


Figura 11.
Gráfico de interacciones



ANEXO 14:

B. Análisis multifactorial - Aroma.

ANOVA Multifactorial-Aroma.

Análisis de Varianza para Aroma - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Calcio	0.00416667	1	0.00416667	0.01	0.9121
B:Harina de kiwicha	59.7458	3	19.9153	58.36	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1.47917	3	0.493056	1.44	0.2305
RESIDUOS	79.1667	232	0.341236		
TOTAL (CORREGIDO)	140.396	239			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para Aroma por Calcio

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Calcio</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
150	120	7.1	0.0533257	X
100	120	7.10833	0.0533257	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
100 - 150		0.00833333	0.148584

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para Aroma por Harina de kiwicha

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Harina de kiwicha</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	60	6.56667	0.0754139	X
15	60	6.66667	0.0754139	X
10	60	7.45	0.0754139	X
5	60	7.73333	0.0754139	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5	*	-1.16667	0.210129
0 - 10	*	-0.883333	0.210129
0 - 15		-0.1	0.210129
5 - 10	*	0.283333	0.210129
5 - 15	*	1.06667	0.210129
10 - 15	*	0.783333	0.210129

* indica una diferencia significativa.

Figura 12.

Medias y 50% de Fisher LSD

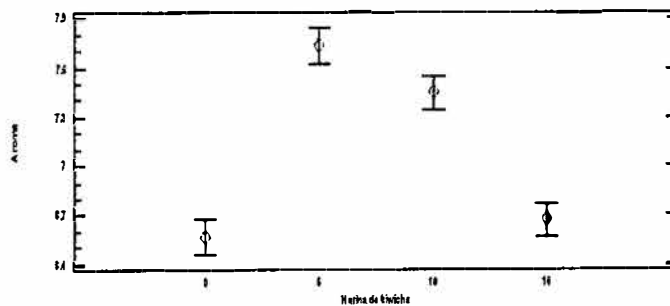


Figura 13.

Medias y 50% de Fisher LSD

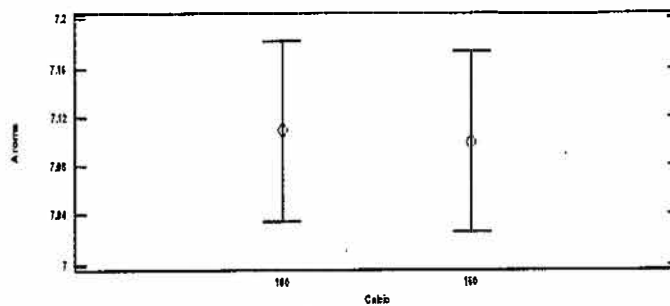


Figura 14.

Gráfico de Interacciones

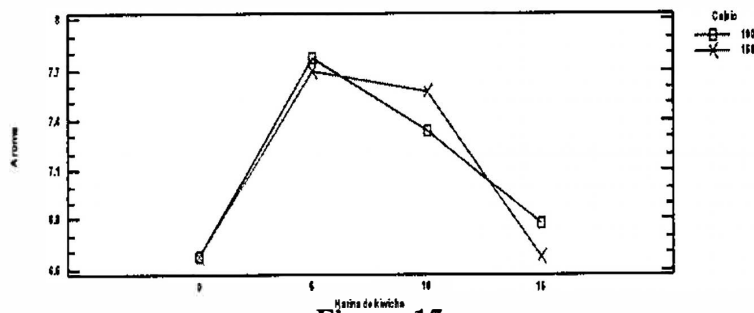
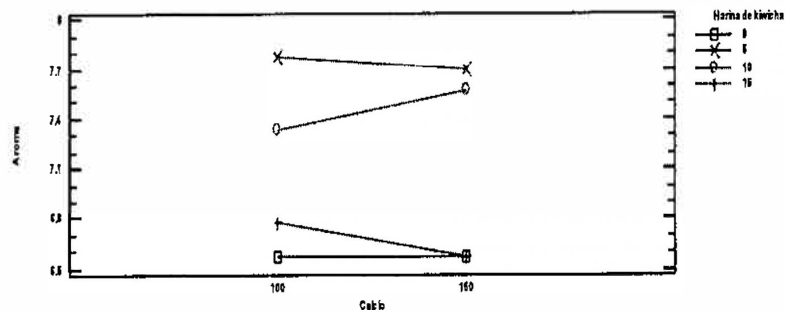


Figura 15.

Gráfico de Interacciones



ANEXO 15:

C. Análisis multifactorial - Sabor.

ANOVA Multifactorial-Sabor.

Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Calcio	1.50417	1	1.50417	4.27	0.0398
B:Harina de kiwicha	131.846	3	43.9486	124.90	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1.07917	3	0.359722	1.02	0.3835
RESIDUOS	81.6333	232	0.351868		
TOTAL (CORREGIDO)	216.063	239			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Harina de kiwicha

Método: 95.0 porcentaje LSD

Harina de kiwicha	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	60	6.16667	0.0765798	X
15	60	6.25	0.0765798	X
10	60	7.48333	0.0765798	X
5	60	7.85	0.0765798	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
0 - 5	*	-1.68333	0.213378
0 - 10	*	-1.31667	0.213378
0 - 15		-0.0833333	0.213378
5 - 10	*	0.366667	0.213378
5 - 15	*	1.6	0.213378
10 - 15	*	1.23333	0.213378

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Calcio

Método: 95.0 porcentaje LSD

Calcio	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
150	120	6.85833	0.0541501	X
100	120	7.01667	0.0541501	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
100 - 150	*	0.158333	0.150881

* indica una diferencia significativa.

Figura 16.

Medias y 95% de Fisher LSD

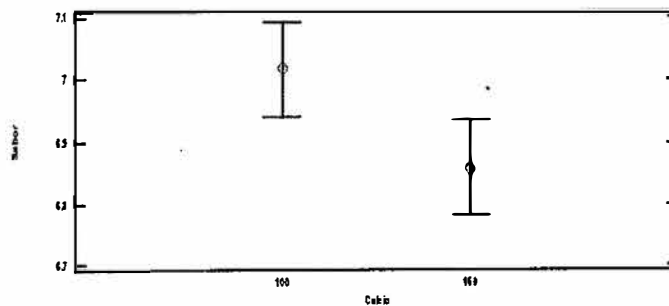


Figura 17.

Medias y 95% de Fisher LSD

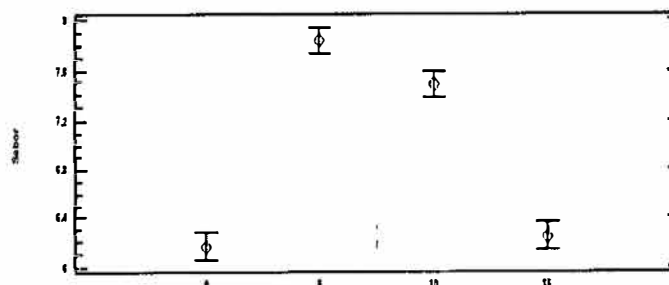


Figura 18.

Gráfico de Interacciones

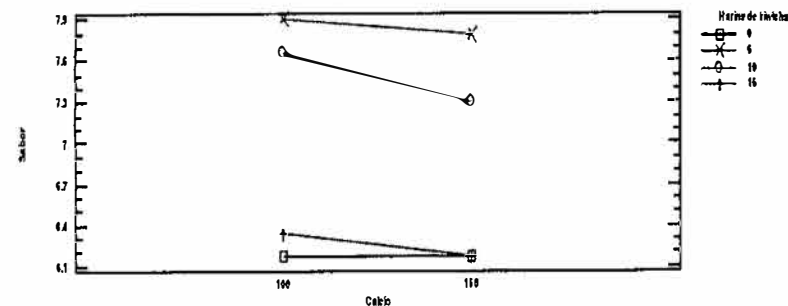
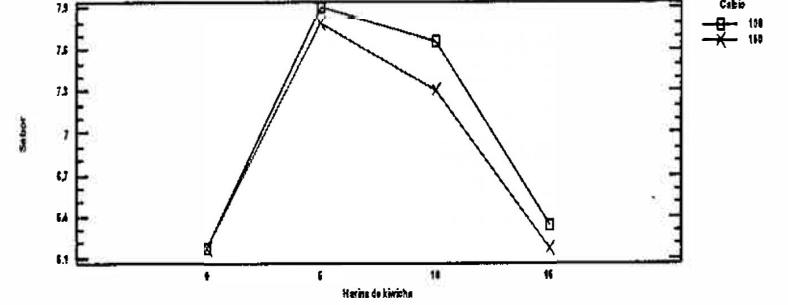


Figura 19.

Gráfico de Interacciones



ANEXO 16:

D. Análisis multifactorial - Textura.

ANOVA Multifactorial-Aroma.

Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Calcio	0.6	1	0.6	1.64	0.2021
B:Harina de kiwicha	34.7667	3	11.5889	31.61	0.0000
INTERACCIONES					
AB	2.3	3	0.766667	2.09	0.1022
RESIDUOS	85.0667	232	0.366667		
TOTAL (CORREGIDO)	122.733	239			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Calcio

Método: 95.0 porcentaje LSD

Calcio	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
150	120	6.73333	0.0552771	X
100	120	6.83333	0.0552771	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
100 - 150		0.1	0.154021

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Harina de kiwicha

Método: 95.0 porcentaje LSD

Harina de kiwicha	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	60	6.4	0.0781736	X
15	60	6.41667	0.0781736	X
10	60	7.06667	0.0781736	X
5	60	7.25	0.0781736	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
0 - 5	*	-0.85	0.217819
0 - 10	*	-0.666667	0.217819
0 - 15		-0.0166667	0.217819
5 - 10		0.183333	0.217819
5 - 15	*	0.833333	0.217819
10 - 15	*	0.65	0.217819

* indica una diferencia significativa.

Figura 20.

Medias y 95% de Fisher LSD

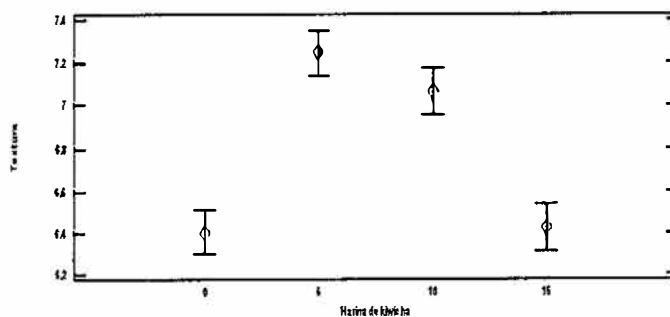


Figura 21.

Medias y 95% de Fisher LSD

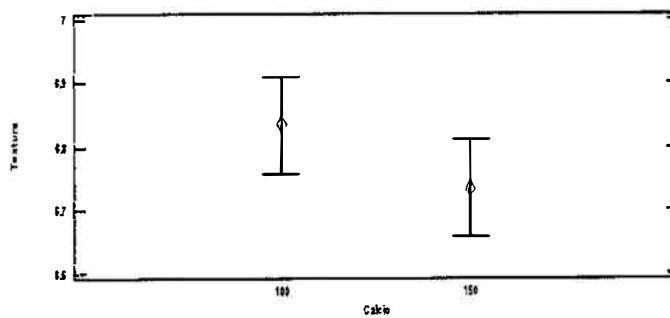


Figura 22.

Gráfico de Interacciones

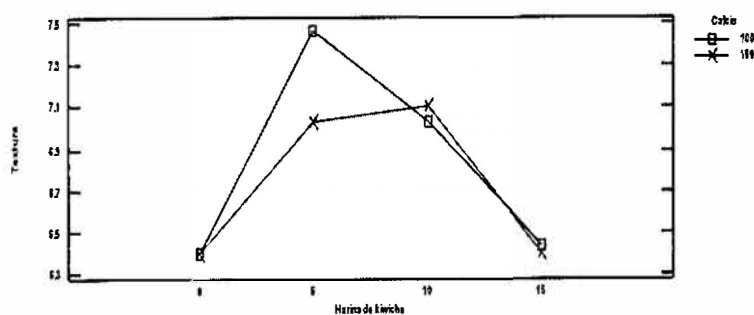
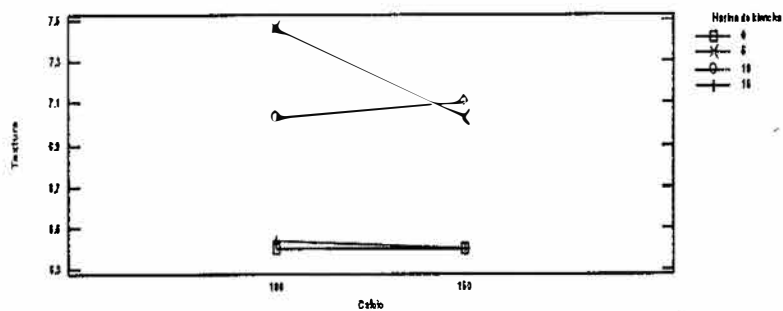
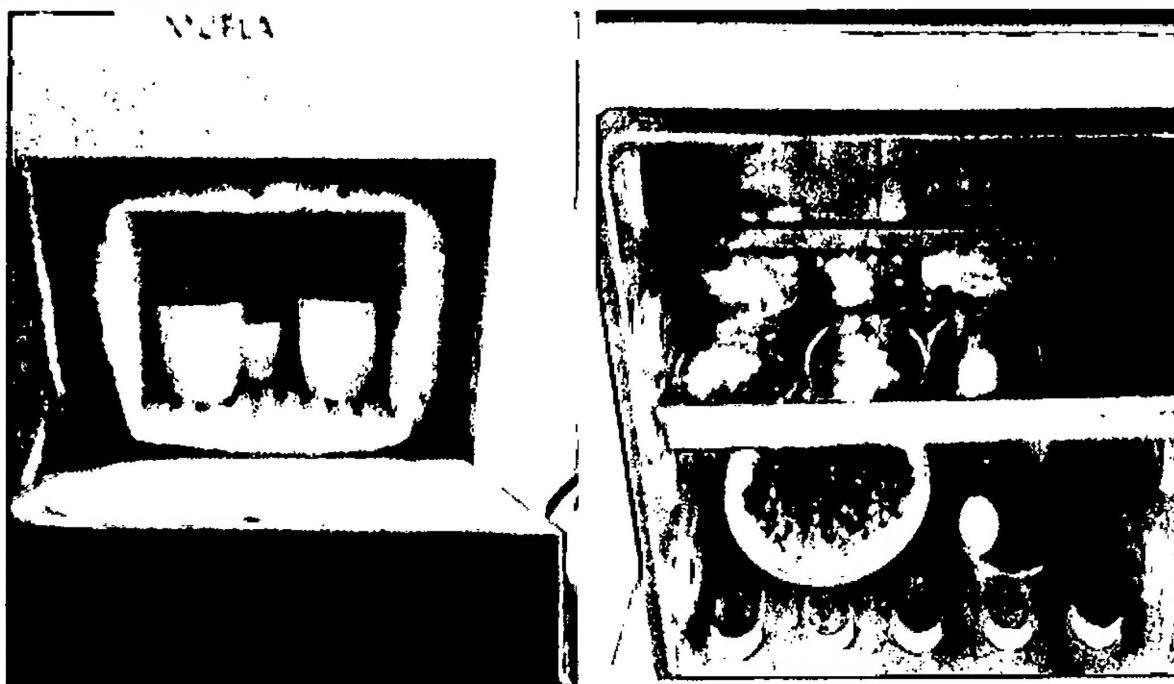
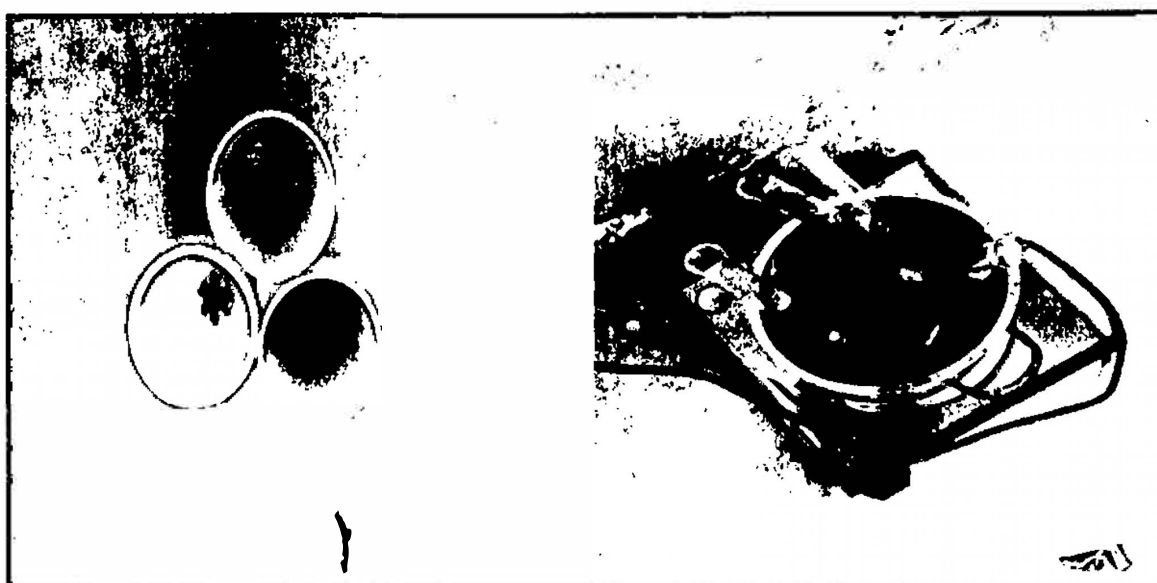


Figura 23.

Gráfico de Interacciones



FOTOGRAFIA**Fotografía N°1: Análisis de humedad y cenizas de las harinas de trigo y de kiwicha.****Fotografía N°2: Análisis de proteína de las harinas de trigo y de kiwicha.**

Fotografía N°3: Análisis de grasa de las harinas de trigo y de kiwicha.



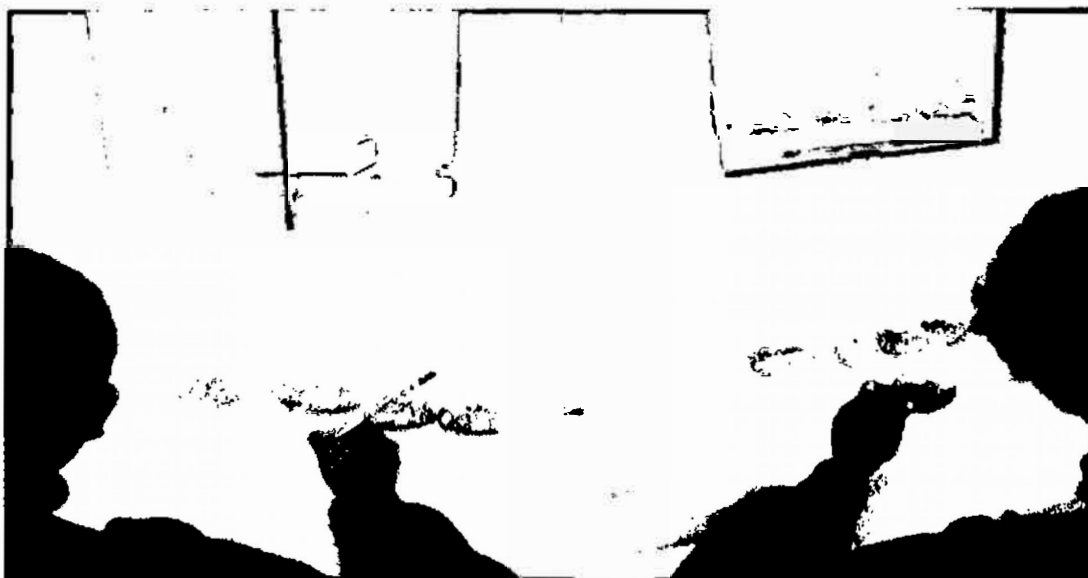
Fotografía N°4: Elaboración de pan de las harinas de trigo y de kiwicha.



Fotografía N°5: Elaboración de pan de las harinas de trigo y de kiwicha.



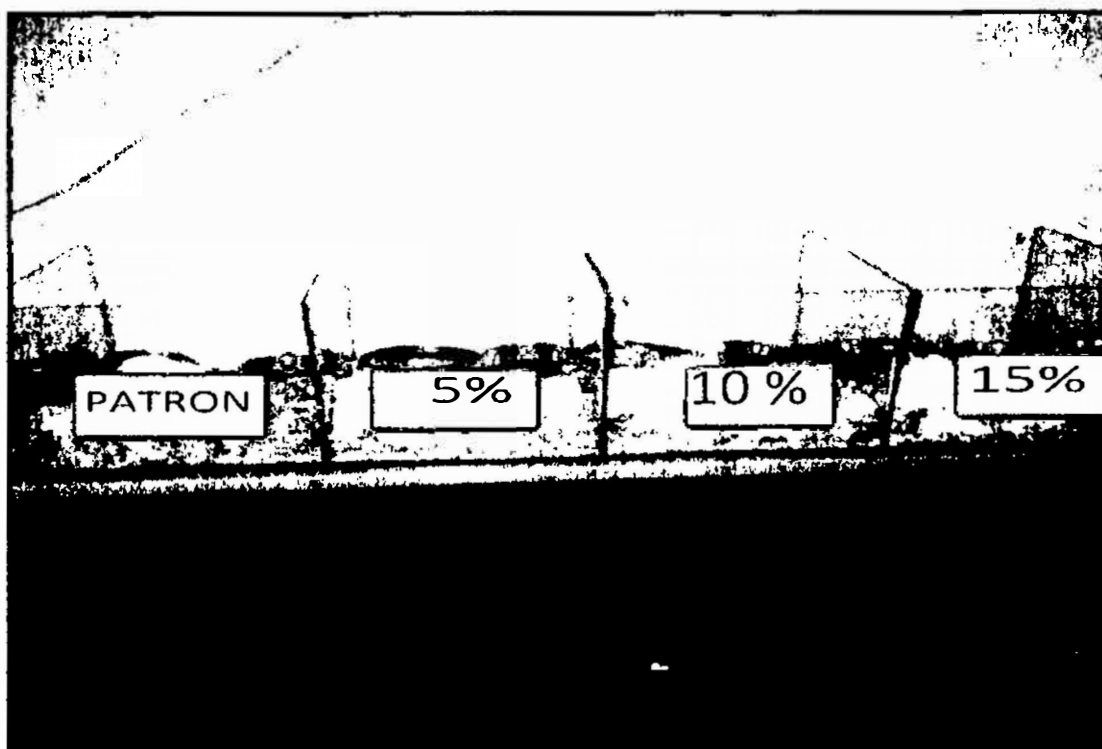
Fotografía N°6: Análisis organoléptico de pan.



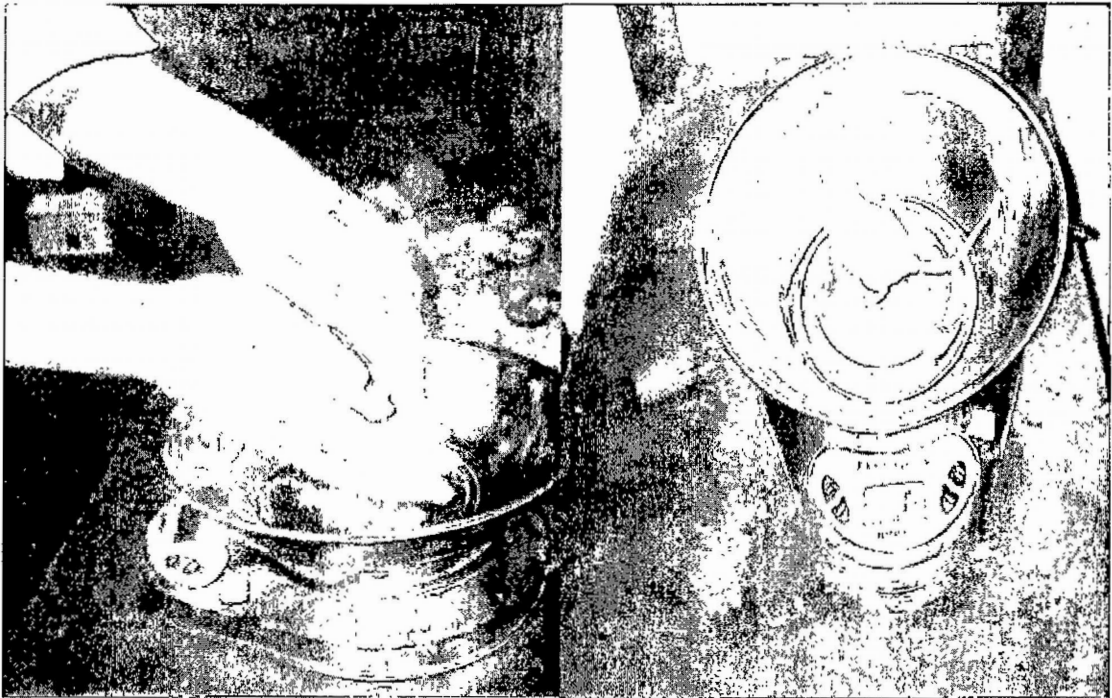
Fotografía N°7: Análisis organoléptico de pan.



Fotografía N°8: Análisis biológico PER.



Fotografía N°9: Análisis biológico PER pesado de las ratas.



Fotografía N°10: Análisis biológico PER alimentación de las ratas.

