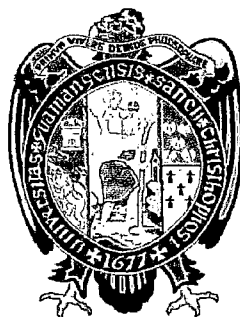


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE
PAN DE MOLDE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA
DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR HARINAS DE
ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza* L.) Y QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd)”**

**Tesis para optar el Título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

Bach. Lucho COSINGA CUTTI

AYACUCHO – PERÚ

2016

DEDICATORIA

A DIOS fuente de vida y sabiduría

A mis queridos Padres Augusto y Paulina por su paciencia y apoyo diario durante mi formación profesional, sin el cual no hubiese sido posible culminar mis metas.

AGRADECIMIENTOS

- *A mi alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia.*
- *Un agradecimiento especial a los Docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por sus enseñanzas y consejos durante mi formación académica en las aulas de la Universidad.*
- *Al Ing. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA asesor de la tesis, por su apoyo invaluable e incondicional en el seguimiento y culminación del presente trabajo.*
- *A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.*

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
II. REVISION DE LITERATURA	
2.1 ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	4
2.2 EL PAN DE MOLDE	6
2.2.1 Generalidades	6
2.3 ALIMENTOS FUNCIONALES	7
2.3.1 Generalidades	7
2.4 PROBLEMÁTICA NUTRICIONAL EN EL PERÚ	9
2.5 ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE ARRACACHA Y QUINUA	12
2.5.1 Materia prima	12
2.5.1.1 El trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	12
2.5.1.2 Harina de trigo	23
2.5.1.3 Sucedáneos del trigo	29
2.5.1.4 La arracacha (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)	31
2.5.1.5 La quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd)	35
2.5.2 Insumos	42
2.5.2.1 Levadura	42
2.5.2.2 Agua	46
2.5.2.3 Mejorador de masa	48
2.5.2.4 Conservadores (antimohos)	50

2.5.2.5	Sal	51
2.5.2.6	Azúcar	53
2.5.2.7	Leche	54
2.5.2.8	Grasas	55
2.5.3	Materiales de empaque	57
2.5.3.1	Polietileno (CH ₂ -CH ₂) _n	59
2.5.3.2	Polipropileno (CH ₂ -CH-CH ₃)	59
2.6	PROCESO TECNOLÓGICO DEL PAN DE MOLDE	60
2.6.1	Recepción	60
2.6.2	Formulación del pan de molde	61
2.6.3	Pesado de materia prima e insumos	61
2.6.4	El amasado y su importancia	62
2.6.4.1	Fases del amasado	62
2.6.4.2	Método de preparación de la masa	630
2.6.5	División o corte y pesado	64
2.6.6	Boleado y moldeado	65
2.6.7	Fermentación	65
2.6.8	Horneado	68
2.6.9	Enfriado	71
2.6.10	Rebanado y embolsado	72
2.6.11	Almacenamiento	73
2.6.12	Evaluación sensorial	73
2.7	CONTROL DE CALIDAD	74
2.7.1	Calidad	74

2.7.2	Control de calidad	75
2.7.3	Requerimientos básicos	75
2.7.4	Deterioro del producto de panificación	76
III. MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	MATERIALES	80
3.1.1	Materia prima	80
3.1.2	Insumos	82
3.1.3	Reactivos	82
3.1.4	Materiales de laboratorio y otros	82
3.1.5	Equipos e instrumentos	83
3.2	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	83
3.2.1	Análisis fisicoquímico de la materia prima	83
3.2.1.1	Análisis fisicoquímico de la harina de trigo	83
3.2.1.2	Análisis fisicoquímico de la harina de arracacha	84
3.2.1.3	Análisis fisicoquímico de la harina de quinua	85
3.2.2	Computo químico	85
3.2.3	Procedimiento para la elaboración del pan de molde	86
3.2.3.1	Proceso de elaboración de pan de molde estándar	86
3.2.3.2	Proceso de elaboración de pan de molde en el estudio	88
3.2.4	Evaluación de la calidad de los panes de molde	93
3.2.4.1	Volumen específico	93
3.2.4.2	Color de corteza y miga	94
3.2.4.3	Análisis sensorial	94

3.3	DISEÑO ESTADÍSTICO	95
3.3.1	Planeamiento experimental	95
3.3.2	Análisis estadístico	96
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA	97
4.1.1	Análisis fisicoquímico de la harina de trigo	97
4.1.1.1	Composición proximal de la harina de trigo	98
4.1.1.2	Análisis colorimétrico de la harina de trigo	98
4.1.1.3	Análisis granulométrico de la harina de trigo	99
4.1.2	Análisis fisicoquímico de la harina de arracacha	100
4.1.2.1	Composición proximal	100
4.1.2.2	Análisis colorimétrico de la harina de arracacha	101
4.1.3	Análisis fisicoquímico de la harina de quinua	101
4.1.3.1	Composición proximal	101
4.1.3.2	Análisis colorimétrico de la harina de quinua	102
4.1.4	Computo químico	103
4.2	EVALUACIÓN FISCOQUIMICA DE LA CALIDAD DE LOS PANES DE MOLDE	105
4.2.1	Volumen específico del pan de molde	105
4.2.2	Color de miga y corteza del pan de molde	111
4.2.2.1	Color en la miga	111
4.2.2.2	Color en la corteza	113
4.2.3	Evaluación sensorial	115

4.2.4	Contenido proteínico del pan de molde	117
	CONCLUSIONES	123
	RECOMENDACIONES	125
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
	ANEXOS	133

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Estructura del grano de trigo	17
Figura 2.2 Composición química del grano de trigo	18
Figura 2.3 Porcentaje de carbohidratos del trigo	19
Figura 2.4 Distribución proteica del grano de trigo	21
Figura 2.5 Composición porcentual de los ácidos grasos del trigo	21
Figura 2.6 Composición porcentual de minerales en el grano de trigo	22
Figura 2.7 Cultivo de la quinua blanca de Junín	36
Figura 3.1 Harina de trigo	81
Figura 3.2 Raíces y harina de arracacha	81
Figura 3.3 Granos y harina de quinua	81
Figura 3.4 Pesado de la materias primas para el pan de molde	88
Figura 3.5 Diagrama de flujo tentativo para elaborar pan de molde en el estudio	89
Figura 3.6 Amasado y sobado del pan de molde	90
Figura 3.7 Boleado y moldeado del pan de molde	91
Figura 3.8 Fermentado del pan de molde	91
Figura 3.9 Horneado del pan de molde	92
Figura 3.10 Enfriado de los panes de molde	92
Figura 3.11 Rebanado y embolsado del pan de molde	93
Figura 4.1 Diagrama de Pareto estandarizado para el volumen específico del pan de molde	110

Figura 4.2	Gráfica de los efectos principales para el volumen específico del pan de molde	110
Figura 4.3	Resultados de la evaluación sensorial de las 11 formulaciones y el testigo	115
Figura 4.4	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido proteico	121
Figura 4.5	Gráfica de los efectos principales para contenido proteico	122

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Producción mundial de trigo duro	13
Tabla 2.2	Países productores de trigo duro	14
Tabla 2.3	Clasificación de los trigos en bases a la funcionalidad del gluten	16
Tabla 2.4	Vitaminas en el grano de trigo	23
Tabla 2.5	Composición química de la harina de trigo	24
Tabla 2.6	Las proteínas de la harina	26
Tabla 2.7	Sucedáneos de la harina de trigo en el Perú	30
Tabla 2.8	Composición química de arracacha	34
Tabla 2.9	Composición química de la quinua	37
Tabla 2.10	Valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales	38
Tabla 2.11	Composición del valor nutritivo de la quinua en Comparación con alimentos básicos	39
Tabla 2.12	Principales variedades de quinua	42
Tabla 3.1	Fórmula para un pan del molde estándar	87
Tabla 3.2	Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2^2 , incluyendo 4 ensayos factoriales, 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central	95
Tabla 3.3	Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2^2	96

Tabla 4.1	Composición proximal de la harina de trigo	97
Tabla 4.2	Valores colorimétricos de la harina de trigo	98
Tabla 4.3	Valores de granulometría de la harina de trigo	99
Tabla 4.4	Composición proximal de la harina de arracacha	100
Tabla 4.5	Valores de análisis colorimétrico de la harina de arracacha	101
Tabla 4.6	Composición proximal de la harina de quinua	102
Tabla 4.7	Valores colorimétricos de la harina de quinua	103
Tabla 4.8	Computo químico de las formulaciones del trabajo de investigación	104
Tabla 4.9	Volumen específico de los panes de molde	106
Tabla 4.10	Efectos estimados para volumen específico (cm ³ /g)	107
Tabla 4.11	Análisis de varianza para volumen específico del pan de con sustitución parcial	108
Tabla 4.12	Valores de color CIElab en la miga del pan de molde	112
Tabla 4.13	Valores de color CIElab en la corteza del pan de molde	114
Tabla 4.14	Valores de contenido proteico del pan de molde	117
Tabla 4.15	Efectos estimados para el contenido proteico (%) del pan de molde	118
Tabla 4.16	Análisis de varianza para el contenido proteico del pan de molde con sustitución parcial	119

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 FORMATO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL	133
Anexo 2 NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE TRIGO	134

I. INTRODUCCION

Uno de los principales alimentos en la dieta diaria es el pan, alimento que se acompaña con productos azucarados o salados. Actualmente el pan en el mercado nacional es, predominantemente, a base de trigo; entonces es necesaria la existencia de un pan nutritivo que satisfaga las necesidades de los consumidores, especialmente de los niños en edad escolar.

La pobreza en nuestro país está caracterizada por un elevado índice de desnutrición infantil. La UNICEF, viene señalando en sus últimos informes que la causa de muerte de más de la mitad de los niños en el mundo es la desnutrición infantil.

Por otro lado, la incidencia de la pobreza en el Perú es aún mayor entre los niños que entre los adultos. Así, 65,5% de los menores de 18 años viven por debajo de la línea de pobreza y 32,2% en condiciones de extrema pobreza; estos últimos son más de 2,1 millones de personas menores de edad que no logran satisfacer ni siquiera sus necesidades elementales de alimentación (INEI, 2013).

Paradójicamente, nuestro país es rico en productos naturales, posee una diversidad biológica envidiable, facilitado por los pisos geológicos que nos permite tener un abastecimiento constante de alimentos para cubrir nuestras necesidades nutricionales, que no se vienen aprovechando adecuadamente.

En el presente trabajo abordamos el estudio de una formulación de un pan de molde con la harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) que adicionalmente tiene un alto contenido en hierro y calcio aunque bajo en proteínas pero, con un porcentaje de lisina mayor al del trigo y, se complementa el estudio alternando las formulaciones con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), un alimento rico en proteínas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar los parámetros fisicoquímicos óptimos para formular y obtener un pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de arracacha y quinua.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtener la mejor formulación de las mezclas de harinas de trigo, arracacha y quinua, para la elaboración de pan de molde, en función a sus características fisicoquímicas y nutricionales.
- Evaluar la calidad sensorial (color, aroma, sabor y textura) del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Se han realizado varias investigaciones en mezclas usando materia prima de origen vegetal con la finalidad de aprovechar los efectos de complementación proteica y obtener productos de consumo masivo de bajo costo. El fundamento de la preparación de mezclas de leguminosas y cereales es la complementación de aminoácidos de ambos productos de tal manera de elevar el cómputo químico, trayendo como consecuencia una mayor digestibilidad (Cabieses, 1996).

Actualmente existe una tendencia a usar alimentos nativos; por ejemplo la quinua es un grano que presenta un mejor valor nutritivo que los cereales y la combinación de estos da una calidad proteica superior (Huayapa, 1990).

En la segunda mitad de la década de 1950 surge una corriente de investigación nutricional para desarrollar y fomentar el consumo de

combinaciones de proteínas de origen vegetal de bajo costo, alta aceptación y buena digestibilidad, destinadas principalmente a la alimentación infantil (Muñoz y Guzmán, 2010).

Una de las primeras mezclas alimenticias que se desarrolló es la INCAPARINA la cual consiste en una mezcla de harina de maíz, harina de soya y añadido de Lisina. El Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) desarrollaron la fórmula, así mismo impulsó la producción industrial de la INCAPARINA y su distribución en el mercado popular de Guatemala y otros países, lo cual sirvió de ejemplo a los institutos de nutrición y a las industrias de alimentos de América Latina (FAO, 2000).

El Perú realizó también su propia experiencia con el fin de lograr un alimento nacional para consumo masivo y de bajo costo, desarrollando de esta fórmula la producción de PERUVITA; se trataba de un alimento pulverulento marrón claro, constituido básicamente por harina de semilla de algodón (50- 56%) y harina de quinua (24-30%) adicional de saborizantes y aromatizantes naturales, así como vitaminas A, B₁ Y B₂. Sin embargo el nivel tecnológico de la época presentaba deficiencia lo cual fue un factor decisivo para el poco éxito de PERUVITA lo que trajo como consecuencia la falta de aceptación por parte de los consumidores y el consiguiente descalabro comercial (FAO, 2000).

En el caso de la arracacha, se cuenta con estudios dirigidos, mayormente, a su composición, y un solo antecedente en el uso como insumo para la panificación a nivel de investigación, denominado: Valor nutritivo de pan

con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado. Publicado por la Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos (2011), en el que se obtienen niveles de sustitución de 40% e importantes contenidos de proteína, grasa y carbohidratos, además de minerales (especialmente K, Fe por la fortificación, P, Ca y Mg) y vitaminas (especialmente vitaminas A y C), favoreciendo el balance de nutrientes mediante su ingesta y cumple los requisitos de la normativa para pan fortificado de PRONAA-UGATSAN (2010) en Perú (León - Villacorta, 2010).

2.2 EL PAN DE MOLDE

2.2.1 Generalidades

El pan de molde, pan lacteado, pan láctalo o pan de caja es un tipo de pan que se caracteriza por tener una textura muy blanda. Suele conservarse mucho más tiempo tierno en comparación al resto de los panes. Su contenido en grasas es mayor que el pan común, ya que a diferencia de este último, acostumbra llevar grasas, leche y huevo (Quaglia, 1991).

La característica del pan de molde a diferencia del pan común es su durabilidad, el pan de molde es un producto embolsado sigue el mismo proceso del pan común pero con variaciones en su formulación, luego la masa se hace en un molde para darle la forma característica, se corta en rebanadas y se embolsa, el pan de molde se mantiene fresco en un aproximado de dos semanas. El valor energético del pan de molde es parecido al del pan común, y será mayor según se le añada azúcar, aceite,

grasa, leche, mantequilla y otros ingredientes (Rodríguez, 2011)

Según Norma Legal 206.004:1988 – INDECOPI, define al pan de molde, tanto al blanco como integral, como aquel que tiene una ligera corteza blanda y que para su cocción ha sido introducido en molde. Se comercializa envasado en bolsas de polipropileno

2.3 ALIMENTOS FUNCIONALES

2.3.1 Generalidades

La Norma N° 398 publicada el 30 de abril de 1999 por la Secretaria de Vigilancia Sanitaria del Ministerio de Salud de Brasil establece como definición legal de los alimentos funcionales. “Todo aquel alimento o ingrediente que más allá de las funciones nutricionales básicas, cuando se consumen como parte de la dieta habitual, producen efectos metabólicos y/o fisiológicas beneficiosas para la salud y deben ser seguros para el consumo sin control médico”.

Los alimentos funcionales, aquellos que además de sus propiedades nutritivas aportan algún beneficio para la salud, han comenzado a inundar los mercados y han obligado a la legislación a avanzar con ellos para garantizar que el consumidor reciba información veraz sobre sus propiedades. (Chasquivol *et al.*, 2003).

Los alimentos funcionales son aquellos alimentos que son elaborados no solo por sus características nutricionales sino también para cumplir una función específica como puede ser mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades. Para ello se les agregan componentes

biológicamente activos, como minerales, vitaminas, ácidos grasos, fibra alimenticia o antioxidantes, etc. A esta operación de añadir nutrientes exógenos se les denomina también fortificación. Este tipo de alimentos es un campo emergente de la ciencia de los alimentos que ve una posibilidad muy amplia de investigación alimentaria. Entre los logros más mencionados en la literatura científica y en el marketing de los productos alimenticios se encuentra la mejora de las funciones gastrointestinales, el aporte de sistema redox y antioxidante, así como la modificación del metabolismo de macronutrientes. (Chasquivol *et al*, 2003).

Existe, no obstante, una preocupación creciente desde finales del siglo xx por parte de las autoridades sanitarias en lo que respecta a la educación del consumidor sobre el consumo y las propiedades atribuidas a este tipo de alimentos. Las autoridades alimentarias y sanitarias de todo el mundo reclaman a los consumidores que el consumo de estos alimentos sea parte de una dieta equilibrada y en ningún caso como un sustituto de la misma. A pesar de este crecimiento en la demanda, la comunidad científica mundial se encuentra evaluando la idoneidad para la salud humana del consumo de este tipo de alimentos, sobre todo si consideran consumos a largo plazo. Este tipo de alimentos cubre un amplio espectro de posibilidades que pueden ir desde simples cereales y sus productos, lácteos diversos hasta pasar por alimentos de diseño (Chasquivol *et al*, 2003)

El número de alimentos funcionales es potencialmente alto y abarca

alimentos naturales, componentes aislados de dichos alimentos que son añadidos a otros o envasados como suplementos dietarios, y componentes aislados que son sintetizados en un laboratorio. Según expertos en biotecnología, los alimentos funcionales son uno de los sectores más pujantes dentro de la alimentación, con incrementos constantes de ventas que se sitúan entre el 15 y el 16 por ciento. Reducir el colesterol, bajar de peso y mejorar la salud gastrointestinal son los tres tipos de beneficios que ofrecen estos alimentos (Odar, 2008).

2.4 PROBLEMÁTICA NUTRICIONAL EN EL PERÚ

El pan es un alimento de consumo diario y se acompaña con productos azucarados o salados. Actualmente el pan en el mercado nacional es aun, mayormente, a base de trigo sin ningún enriquecimiento; entonces es necesario la existencia de un pan nutritivo que satisfaga las necesidades nutritivas de los consumidores, especialmente de los niños en edad escolar.

La pobreza en nuestro país está caracterizada por el elevado índice de desnutrición infantil. La UNICEF, viene señalando en sus últimos informes que la causa de muerte de más de la mitad de los niños en el mundo es la desnutrición infantil. Por otro lado, la incidencia de la pobreza en el Perú es aún mayor entre los niños que entre los adultos. Así, 65,5% de los menores de 18 años viven por debajo de la línea de pobreza y 32,2% en condiciones de extrema pobreza; estos últimos son más de 2,1 millones de personas menores de edad que no logran satisfacer ni

quiera sus necesidades elementales de alimentación (INEI, 2013). (Bello-Villarán, 2004).

Sin embargo, más grave aún que la pobreza es la desigualdad entre ricos y pobres, que crece cada vez más: en el Perú, un niño integrante de una familia ubicada en el decil de familias más ricas se beneficia de ingresos 40 veces más altos que los que obtiene en promedio un niño integrante de una familia ubicada en el decil de familias más pobres. Al final de la década de 1990, las desigualdades económicas y sociales entre los peruanos seguían siendo enormes. Para comprobarlo basta con revisar las cifras correspondientes a un indicador, la mortalidad infantil, que en el año 2000 afectó a 17 por cada mil nacidos vivos en Lima Metropolitana, en tanto que en Puno la tasa llegó a 84 muertes por cada mil nacidos vivos. La tasa promedio de mortalidad en áreas rurales duplica la tasa promedio en áreas urbanas y la distribución por departamentos o regiones correlaciona con el nivel de pobreza de la población (Bello y Villarán, 2004).

En el Perú el 52% de la población no satisface sus necesidades energéticas y el 35,8% sus necesidades proteicas de lo cual se concluye que aproximadamente el 44% de la población del Perú refleja algún grado de desnutrición (Asmat y León, 1996).

En nuestro país, considerando la población de niños menores de 5 años, el 27,2% sufre desnutrición crónica. De los niños en edades de 6 a 9 años, este porcentaje se eleva a 48% y los departamentos más pobres alcanzan el 70%, mayormente en las zonas urbano marginales. En

Ayacucho, Chuschi presenta el más alto grado de niños desnutridos crónicos con un 70.1% (DIRESA-HUAMANGA-RED HUAMANGA). (INEI., 2013)

El estado de nutrición depende del aporte suficiente de alimentos en cantidad y calidad, para lo cual se debe contar con un buen estado de salud, para asimilar adecuadamente dichos alimentos. Los sectores pobres, al carecer de medios económicos no se abastecen adecuadamente de alimentos, tornándose en el sector de mayor riesgo en asegurar su alimentación y los servicios básicos (Pillaca y Villanueva., 2015).

Se sostiene que algunas formas de solucionar el problema de mal nutrición es el incremento de la producción de alimentos formulados con alto contenido de proteínas y bajo costo.

La especie humana necesita de nueve aminoácidos esenciales y once no esenciales; para obtener los primeros la dieta debe ser variada, siendo mejor la que combina cereales y leguminosas puesto que ambos alimentos se complementan para el aporte de aminoácidos necesarios. Para asegurar el déficit proteico lo más rápidamente posible, se asegura el poder usar fuente de proteínas inexploradas de leguminosas, oleaginosas, raíces y productos de origen marino (Loayza, 1978).

La arracacha es un alimento esencialmente energético pues en su composición centesimal, se destacan los carbohidratos en relación a los demás nutrientes (almidón + azúcares totales) y considerables niveles de minerales como calcio, fósforo, fierro, además de constituir

buena fuente de vitamina A y niacina. Las proteínas de arracacha como todas aquellas de raíces y tubérculos, son incompletas porque presentan de modo general, deficiencia en la mayoría de sus aminoácidos esenciales. Sin embargo en la medida que se mezclan con algunos cereales como la quinua cuya presencia de proteína es relativamente alta en comparación con la arracacha, ayuda a mejorar su nivel proteico y refuerza aún más la presencia de calcio y hierro, además de enriquecer al producto con ácidos grasos poli insaturados (Gómez, 2011).

2.5 ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE ARRACACHA Y QUINUA

2.5.1 Materia prima

2.5.1.1 El trigo (*Triticum aestivum*)

El trigo (*triticum aestivum*) es, desde la prehistoria el más importante de los cereales, debido a su adaptación a todo tipo de terreno y a diferentes climas, el trigo en algunos sitios es casi el 80% de la dieta total, en la mitad de los países del mundo posee el 50% del alimento. Los cereales son una especie vegetal perteneciente a la familia de las gramíneas, los más cultivados son el trigo, el maíz, el arroz, la cebada, la avena, el sorgo y también el mijo (Quaglia, 1991).

a) Producción mundial

Anualmente se producen 100 kg de trigo por cada habitante en el mundo. Casi toda su producción se destina a la alimentación humana. La








producción mundial de trigo desde 2003 hasta el 2012 se presenta en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Producción mundial de trigo duro (En millones de TM)

Producción mundial de trigo duro (Millones de toneladas)										
AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
PROD.	585,4	613,4	593,5	597,7	574,5	587,1	728,3	582,2	633,4	617,6

Fuente: INEI (2013)

Tabla 2.2: Países productores de trigo duro (En millones de toneladas)

PAÍS	PRODUCCIÓN (En millones de toneladas)
 China	96,3
 India	72,0
 Estados Unidos	57,1
 Rusia	47,7
 Francia	36,9
 Canadá	25,5
 Australia	24,1

Fuente: INEI (2013)

b) Clasificación general del trigo

➤ Clasificación por cosecha

1. Trigo invernal

Se planta en otoño y se cosecha en primavera. Se puede sembrar en lugares como el noreste de Europa en los que no se congela excesivamente el suelo. El grano germina en otoño y crece lentamente hasta la primavera. Las heladas podrían afectar adversamente a las plantas jóvenes, pero una capa de nieve las protege e induce al aislamiento

2. Trigo primaveral

Se planta en primavera y se cosecha a principios de otoño. En lugares tales como las praderas canadienses, o las estepas rusas que padecen inviernos demasiado rigurosos para sementera invernal, se siembra el trigo en primavera, lo más pronto posible, de manera que se pueda recoger la cosecha antes que comiencen los hielos de otoño.

Las características climáticas de las localidades donde se cultiva el trigo de primavera máxima pluviosidad en primavera y comienzo de verano y máxima temperatura en pleno y final de verano favorecen la producción de granos de maduración rápida, con endospermo de textura vítrea y alto contenido proteico adecuado para la panificación. El área de producción de trigos de primavera se va extendiendo progresivamente hacia el norte, en el hemisferio norte con la introducción de variedades nuevas, cultivadas por sus características de maduración rápida (Quaglia, 1991)

➤ Clasificación según la dureza del endospermo

La «dureza» y «blandura» son características de molinería, relacionadas con la manera de fragmentarse el endospermo.

1. Trigos duros

Los trigos duros producen harina gruesa, arenosa, fluida y fácil de cerner, compuesta por partículas de forma regular, muchas de las cuales son células completas de endospermo.

2. Trigos blandos

Los trigos blandos producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo (incluyendo una proporción de fragmentos celulares muy pequeños).

➤ Clasificación según la textura del endospermo

Esta característica del grano está relacionada con la forma de fraccionarse el grano en la molturación, el carácter vítreo- harinoso se puede modificar con las condiciones de cultivo.

El desarrollo de la cualidad harinosa, parece estar relacionado con la maduración.

1. Trigo vítreo

La textura del endospermo puede ser vítrea (acerada, pétrea, cristalina, cornea). El peso específico de los granos vítreos es mayor por lo general que el de los granos harinosos: 1,422 los vítreos. El carácter vítreo es hereditario, pero también es afectado por las condiciones ambientales.

El carácter vítreo se puede inducir con el abono nitrogenado o con fertilizantes y se correlaciona positivamente con alto contenido proteico.

2. Trigo harinoso

La textura del endospermo que es harinosa (feculosa, yesosa). El peso específico de los granos harinosos es de 1,405 el carácter harinoso

es hereditario y afectado por las condiciones ambientales. El carácter harinoso se favorece con lluvias fuertes, suelos arenosos ligeros y plantación muy densa y depende más de estas condiciones que del tipo de grano cultivado. La opacidad de los granos harinosos es un efecto óptico debido a la presencia de diminutas vacuolas o fisuras llenas de aire, entre y quizás dentro de las células del endospermo (Quaglia, 1991).

Tabla 2.3: Clasificación de los trigos en base a la funcionalidad del gluten

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

Fuente: Scade y García (1981)

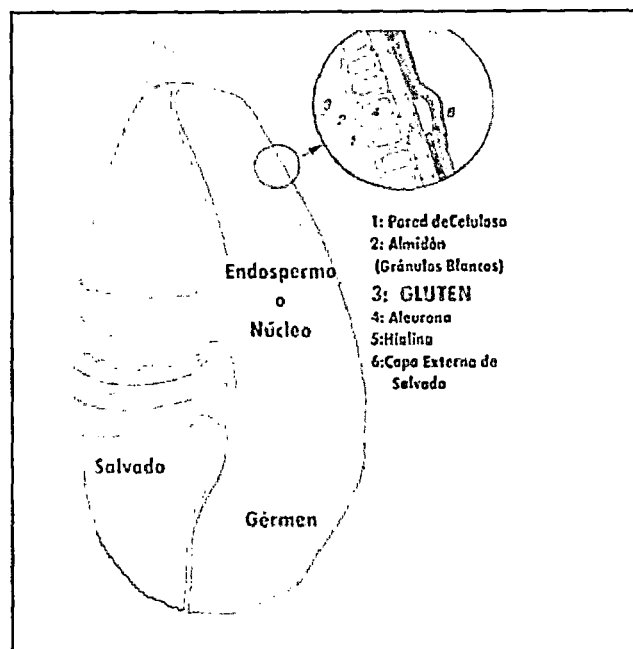


Figura 2.1: Estructura del grano de trigo.

Fuente: Desrosier, (1994).

c) Composición química

El grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: Albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas), lípidos (ácidos grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitoleico, oleico, linoleico, linolénico), sustancias minerales (K, P, S, Cl) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas (B-amilasa, celulasa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos.

Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se encuentran en regiones determinadas. El almidón está presente únicamente en el endospermo, la fibra cruda esta

reducida, casi exclusivamente al salvado y la proteína se encuentra por todo el grano. Desrosier, (1994).

En la figura 2.2 se muestra la composición química del grano de trigo.

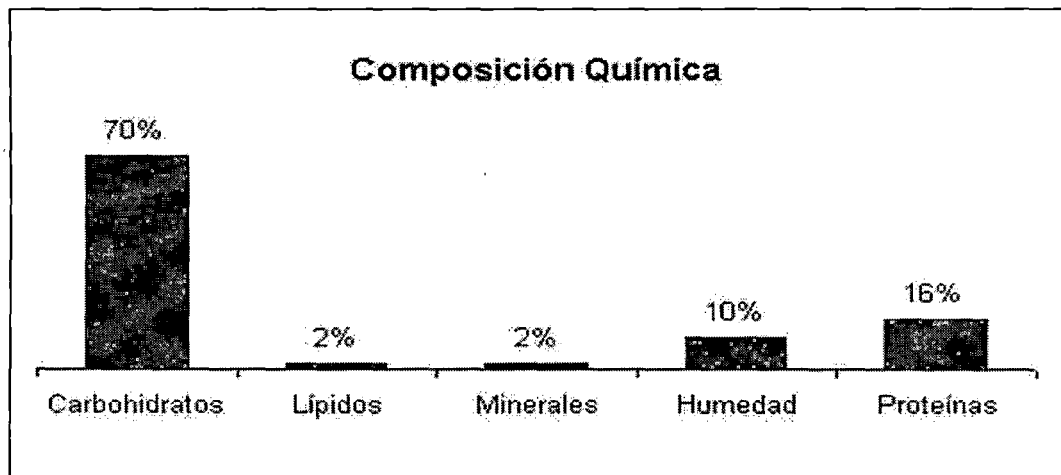


Figura 2.2: Composición química proximal del grano de trigo

Fuente: Desrosier (1994).

➤ **Carbohidratos**

El almidón es el hidrato de carbono más importante de todos los cereales, constituyendo aproximadamente el 64% de la materia seca del grano completo de trigo y un 70% de su endospermo. Forma 70% del grano de trigo en forma natural.

Los hidratos de carbono presentes en los cereales incluye al almidón (que predomina), celulosa, hemicelulosas, pentosanos, dextrinas y azúcares.

El almidón está formado por dos componentes principales:

Amilosa (25-27%), un polímero esencialmente lineal de enlace alfa-(1-4)

glucosa.

Amilopectina, una estructura ramificada al azar por cadenas alfa- (1-4) glucosa unidas por ramificaciones alfa-(1-6).

El almidón es insoluble en agua fría, cuando se calienta con agua, la absorbe, se hincha y revienta; este fenómeno se llama gelificación.

Los hidratos de carbono y la cantidad con la que se presentan en el grano de trigo, se muestran en la siguiente figura. (Scade y García, 1981).

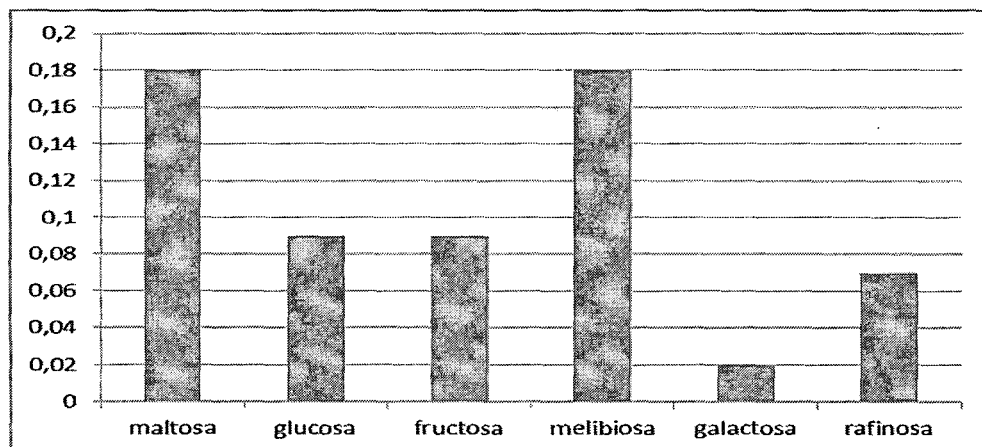


Figura 2.3: Porcentaje de carbohidratos del trigo

Fuente: Scade (1981)

➤ **Fibra**

Es un carbohidrato del tipo polisacárido que no se digiere por carencia de enzimas en el cuerpo humano y se divide para su análisis en dos partes:

La fibra cruda, que se evalúa como la porción de los hidratos de carbono (mas lignina) insoluble en ácidos diluidos y en álcalis bajo determinadas condiciones.

La fibra no digerible, que es la parte del producto que queda sin digerir en el tubo digestivo, comprende celulosa, polisacáridos no celulosos (gomas, mucilagos, sustancias pécticas, hemicelulosas) y también lignina, un polímero aromático no hidrocarbonatado. La cifra de fibra no digerible es siempre mayor que la de fibra cruda, ya que una parte de los componentes de la fibra no digerible se degrada durante la valoración de la fibra cruda, sin embargo su relación es constante. (Scade y García, 1975).

➤ **Proteínas**

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

Las proporciones en que se encuentran y su orden en las cadenas, determinan las propiedades de cada proteína. Los alimentos preparados con trigo son fuentes de proteínas incompletas. Esto significa que pudiera contener los 8 aminoácidos esenciales pero no todos ellos en niveles adecuados, así que la combinación del trigo con otros alimentos proporcionaría de ser correcta, una proteína completa. (Scade y García, 1975).

En la figura 2.4 se presenta la distribución porcentual de las proteínas del trigo.

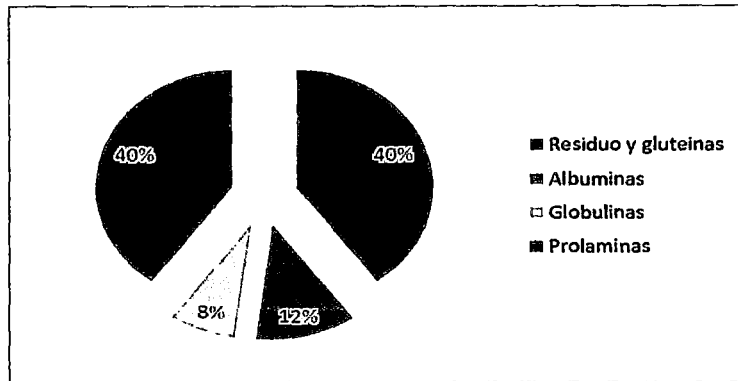


Figura 2.4: Distribución proteica del grano de trigo

Fuente: Scade y García (1981)

➤ Lípidos

El lípido está constituido de un 2 a un 23 % de lípidos, el lípido predominante es el linoleico, la cual es esencial, seguido del oleico y del palmítico. La porción lipídica se encuentran de manera más abundante en el germen de trigo. En el siguiente gráfico aparece el porcentaje de cada ácido graso componente del grano de trigo.

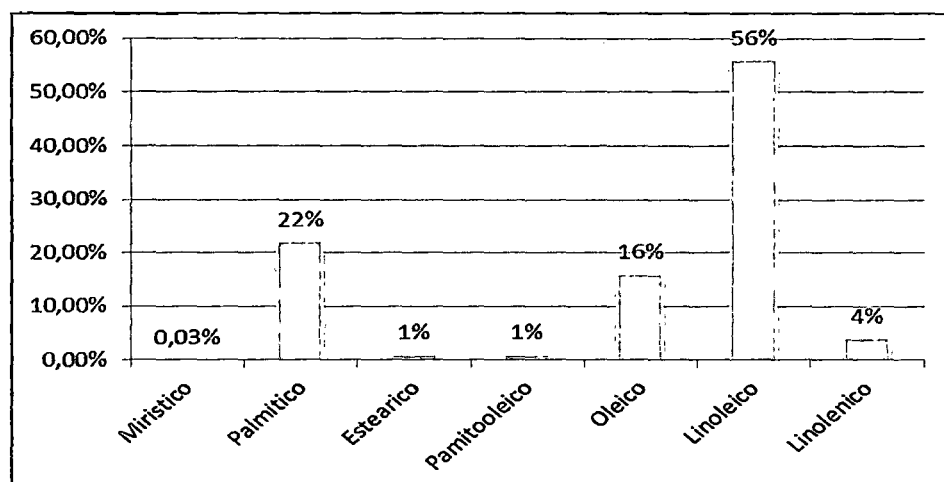


Figura 2.5: Composición porcentual de los ácidos grasos del trigo

Fuente: Scade y García (1981).

➤ **Minerales**

El trigo cuenta entre sus componentes con diversos minerales, la mayoría en proporciones no representativas, pero cabe mencionar el contenido de potasio (K), así como de magnesio (Mg), fósforo (P) y azufre (S) (Kent, 1975).

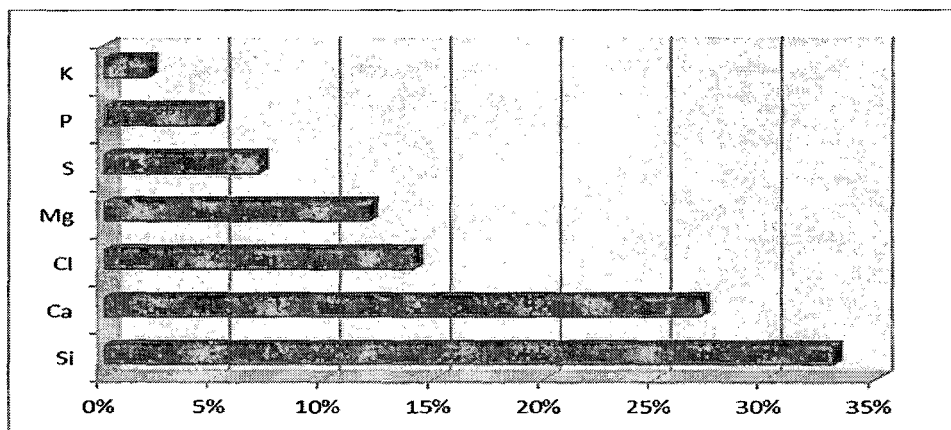


Figura 2.6: Composición porcentual de minerales en el grano de trigo

Fuente: Kent (1975).

➤ **Vitaminas**

Entre los principales componentes del trigo se encuentran también las vitaminas, principalmente las del complejo B. En el siguiente cuadro aparecen los contenidos de vitaminas aporta el grano de trigo de la variedad dura y presenta la riqueza vitamínica del trigo.

Tabla 2.4: Vitaminas en el grano de trigo ($\mu\text{g/g}$)

Tiamina	4,3	Piridoxina	4,5
Riboflavina	1,3	Ac. Fólico	0,5
Niacina	54	Colina	1100
Ac. Pantotenico	10	Inositol	2800
Biotina	0,1	Ac. P-amino benzoico	2,4

Fuente: Kent (1975)

2.5.1.2 Harina de trigo

Según la *Norma Técnica Peruana 205.027 (NTP)*, la designación “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda del trigo, a los productos obtenidos de la molienda de otros granos (cereales, menestras), tubérculos y raíces les corresponde la denominación de “harina” seguida del nombre del vegetal de que provienen, tal es el caso de la harina de maca. La harina es el producto resultante de la molienda del grano limpio. (*triticum vulgare triticum durae*) con o sin separación de la cascara.

En el proceso de la molienda se separa el salvado y, por lo tanto, la harina de trigo se hace más fácilmente digerible y más pobre en fibra. Además se separa la aleurona y el embrión, por lo que se pierden proteínas y lípidos, principales causantes del enriquecimiento de la harina. Considerando que la cariósida está formada de las siguientes partes 12% salvado, 85% del endospermo y 2,5% de germen, la molienda consiste en separar el 85% de albumen de la otra parte transformándolo, por consiguiente, en harina. En teoría es posible alcanzar el 85% de

harinas de 100 partes de trigo, pero en la práctica, el rendimiento es siempre inferior y se aproxima al 85% tanto más cuanto más intenso sea el proceso de molienda (Quaglia, 1991).

a) Composición química de la harina de trigo

las harinas deben ser: suave al tacto, de color natural, sin sabores extraños a rancio, moho, amargo o dulce. Debe presentar una apariencia uniforme sin puntos negros, libre de insectos vivos o muertos, cuerpos extraños y olores anormales.

Tabla 2.5: Composición química de la harina de trigo

COMPONENTE	UNIDADES	CANTIDAD
Energía	Kcal.	336
Agua	g	14,5
Proteína	g	8,6
Grasa	g	1,5
Carbohidratos	g	73,7
Fibra	g	3,0
Ceniza	g	1,7
Calcio	mg	36
Fosforo	mg	224
Hierro	mg	4,6
Tiamina	mg	0,3
Riboflavina	mg	0,08
Niacina	mg	2,85

Fuente: Hosney (1991).

✓ **Carbohidratos**

Se llama así a ciertos compuestos químicos formados por carbono, hidrogeno y oxígeno. Constituyen la mayor parte del endospermo del trigo. El principal componente de la harina que contribuye en el poder de absorción gracias a que es muy ávido de agua el almidón (Hoseney, 1991) Dada su higroscopicidad, existe una competencia directa entre las proteínas y el almidón al añadir el agua en el amasado. La constitución del almidón viene dada por dos componentes que son la amilasa (parte interna) y la amilopectina (parte externa) unidos entre si por enlaces de hidrogeno (Hoseney, 1991)

✓ **Proteínas**

Son macromoléculas que contienen nitrógeno. Sus complejos compuestos de naturaleza coloidal, al contacto con el agua son los responsables de la formación del gluten que es bien conocido por el sector panadero. La cantidad de proteína determina las propiedades panaderas de la harina y sus características generales y naturaleza coloidal determinan su calidad. Si tenemos en cuenta la estrecha relación entre la proteína y el gluten que es el encargado en aguantar el gas carbónico producido por las levaduras gracias a su formación de la red proteica. Para una buena panificación necesitamos que se forme un 24 o 26% de gluten. La capacidad de hinchamiento de las proteínas en presencia de agua presenta una importancia especial en la química de las harinas, ya que está relacionada con la calidad del gluten (Hoseney, 1991).

Tabla 2.6: Las proteínas de la harina

PROTEINAS 8-14%	SOLUBLES NO FORMAN MASA 15 %	ALBÚMINA 15% GLOBULINA 6.5% PÉPTIDOS 0.5%
	INSOLUBLES FORMAN MASA 85%	GLIADINA 33% GLUTENINA 45%
	TOTAL	100%

Fuente: Calaveras (2004).

✓ **Humedad**

La humedad de la harina oscila alrededor del 14%. La harina con mucha humedad se puede poner mohosa. Al utilizar la harina que perdió humedad se debe compensar echándole agua en el mezclado.

✓ **Cenizas**

Es la cantidad de materia mineral que tiene la harina. Depende de la clase de trigo y de la extracción. Las harinas patentes tienen menos cenizas que las claras. El contenido de ceniza de por si no es perjudicial a las propiedades de panificación de la harina (Hoseney, 1991).

b) Tipos de harinas

Las harinas se pueden clasificar atendiendo la cantidad de gluten que posee, según ella pueden ser flojas o fuertes:

➤ **Harinas duras**

Son aquellas que tienen un alto contenido de proteínas como el trigo rojo duro de invierno y rojo duro de primavera. Hay cuatro clases de

harina para pan a saber:

Integral: Es aquella que contiene todas las partes del trigo.

Completas: Son las más corrientes en nuestro país, son aquellas harinas que se obtienen al moler el trigo separando solo el salvado y el germen.

Patente: Es la mejor harina que se obtiene hacia el centro del endospermo, tiene la mejor calidad panificadora, es blanca y tiene poca ceniza.

Clara: Es la porción de harina que queda después de separar la patente. En algunas regiones se le llama harina de segunda. Es más oscura y contiene más cenizas.

➤ **Harinas suaves**

Son aquellas que tienen bajo contenido de proteínas y se extraen de trigos de baja proteína como el trigo blando rojo de invierno. Se utiliza para bizcochos y galletas.

En algunos sistemas de molienda, es posible obtener del mismo trigo un tipo de harina con alto contenido de proteína y otro tipo de harina con baja proteína. A este sistema de molienda se le denomina molienda o separación de impacto.

c) Características de la harina de trigo

Color

El color depende del tipo de trigo que se haya molido y de la separación que representa la harina en cuestión. El trigo blando produce harinas

más blancas, las harinas de pan tienen un color de blanco a blanco cremoso.

Extracción

Es la cantidad de harina que se obtiene después del proceso de molienda. Normalmente por cada 100 kilos de trigo se obtiene de 72 a 76 kilos de harina. Se expresa en porcentajes.

Separación

La separación no se basa en el peso del trigo sino el peso de la harina total después de haber removido todo el salvado. Así, si una corriente representa el 75% de la harina total, se conocería como harina de 75% de separación. Las harinas patentes representan una separación de menos porcentaje, es decir, son harinas más refinadas que las de mayor separación o claras.

Tolerancia

Consiste en poder prolongar por un periodo razonable de tiempo de fermentación después de llegar a su tiempo ideal sin que el pan sufra deterioro notable.

Absorción

Es la propiedad de absorber la mayor cantidad de agua dando un producto de buena calidad. En general, las harinas hechas de trigos buenos con mucha proteína son los que tienen mayor absorción. Una buena harina para pan se conoce por tener fuerza, tolerancia y absorción.

Maduración

Las harinas recién molidas son problemas en panificación, por lo cual antes dejaban de “madurar”. En la actualidad prácticamente todos los molinos o bien las “maduran” químicamente o las dejan reposar cierto tiempo antes de entregarla al panadero.

Blanqueo

Como a los panaderos les gustan las harinas muy blancas, los molineros las pueden hacer blanquear por procedimientos químicos.

Fortalecimiento

En algunos países, los molineros realizan “fortalecimiento” de las harinas con vitaminas y minerales, como es el caso de nuestro país. El pan hecho con harinas enriquecidas tiene mucho más valor nutritivo (Hoseney, 1991).

2.5.1.3 Sucedáneos del trigo

Mucho se ha hablado de este tema en los últimos años, lamentablemente en algunos casos sin el debido sustento técnico y con cierta irresponsabilidad; ya que se crean falsas expectativas que desalientan a los consumidores, sobre todo a los de menores recursos económicos.

Entendemos por sucedáneos, a los productos obtenidos por un proceso adecuado de molienda para ser mezclados con la harina de trigo pro fines alimenticios. Estos pueden provenir de cereales, leguminosas, pseudo cereales y raíces o también como una combinación de ellas.

Según la Norma Técnica Peruana 205.045:1976- INDECOPI, se define

harinas sucedáneas procedentes de cereales, destinadas a ser mezcladas con harina de trigo para emplearse en la elaboración de productos alimenticios.

Tabla 2.7: Sucedáneos de la harina de trigo en el Perú

CEREALES	LEGUMINOSAS	PSEUDO-CEREALES	TUBÉRCULOS	RAÍCES
Trigo Nacional	Soya	Quinua	Yuca	Maca
Maíz	Haba	Kiwicha	Camote	Oca
Cebada	Tarwi	Cañihua	Papa	Mashua
Arroz	----	-----	-----	----

Fuente: Shewry y Halford (2002).

A través de muchas investigaciones, se puede decir que sí es factible sustituir parcialmente la harina de trigo importada con harinas sucedáneas para la elaboración de panes, bizcochos, kekes, fideos y galletas. Sin embargo, la sustitución jamás será superior en el mejor de los casos al 20% para los casos del bizcocho, kekes y fideos y del 30% para el caso de las galletas (Shewry y Halford, 2002)

Las investigaciones tratan de encontrar el porcentaje óptimo de sustitución de la harina importada en productos terminados como son: los panes, fideos y galletas vía también el aprovechamiento de los recursos propios de cada región.

En algunos casos se busca asimismo, mejorar nutricionalmente el producto, mediante la sustitución del trigo importado por soya, quinua quiwicha, cañihua, tarwi y habas (con mayor contenido proteico del trigo) (Shewry y Halford, 2002).

En otros, como es el caso del camote, en las que las investigaciones han cubierto su uso en diferentes formas (harina, puré y camote rayado) y que constituye una fuente sumamente valiosa de vitamina A (100g de camote, proporciona más del 100% de las necesidades de vitamina A que el ser humano requiere diariamente) o la cebada, que es una gran fuente de minerales como el calcio y el fosforo, así como sucedáneos como el maíz (Shewry y Halford, 2002)

Y el arroz, con el que se busca darle mayor rentabilidad al agricultor vía la comercialización del arroz partido.

Definitivamente, nuestra agricultura debe estar alineada con los requerimientos alimentarios del país, así como con el Plan de Seguridad Alimentaria que contemple contingencias tales como: reducción de la oferta mundial del trigo, necesidades nutricionales de la población, incremento de los precios de los productos importados, etc. En ese sentido, falta muchísimo por hacer. (Shewry y Halford, 2002)

2.5.1.4 La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)

a) Generalidades

La arracacha, racacha, virraca, zanahoria blanca o mandioquinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) es una planta alimenticia, originaria de los Andes y cultivada actualmente en Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Venezuela y

Ecuador entre los 600 y 3200 msnm. Pertenece a la familia de las apiáceas, al igual que la zanahoria (*Daucus carota*). La planta de la arracacha tiene un tronco cilíndrico corto con numerosos brotes en la parte superior de donde parten las hojas de peciolo largos y sus flores son de color púrpura. Su parte comestible es la raíz que asemeja a una zanahoria engrosada, ésta puede ser de color blanco, amarillo o morado según la variedad (Hermann, 1997).

Desde el punto de vista económico, esta raíz presenta una buena aceptación en el mercado y de acuerdo con el lugar puede producirse durante todo el año. Las siembras se realizan entre los meses de setiembre a diciembre. Puede producir entre 30 a 40 brotes y seis a diez raíces por planta, con una producción de hasta 10 toneladas de raíces comerciales por hectárea (Santos, 1998).

La arracacha se cultiva principalmente por su raíz que es de sabor agradable y de fácil digestibilidad, ya que posee un almidón muy fino, alto contenido de calcio y vitamina A y niveles adecuados de niacina, ácido ascórbico y fósforo. Su principal inconveniente es su corta vida de almacenamiento y su vulnerabilidad a sufrir daños durante el transporte. Dado su valor nutricional el consumo de arracacha es recomendado en la dieta alimenticia de niños, ancianos y convalecientes. Aunque la arracacha es más conocida por sus raíces, ninguna parte de esta planta queda sin aprovecharse. Los tallos y las hojas se usan como alimento para animales y las hojas, que tienen un alto contenido de oxidantes, también se usan en muchas aplicaciones medicinales tradicionales (Hermann, 1997).

b) Clasificación taxonómica

Probablemente la arracacha es la planta más antigua cultivada en América del Sur, fue descrita por Bancroft en 1825 y descrita como una dicotiledónea, que según Mujica (1990) tiene la siguiente clasificación botánica:

División	: Spermatophyta
Subdivisión	: Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	: Magnoliatae (Dicotiledónea)
Subclase	: Rosidae
Orden	: Umbellales (Ariales)
Familia	: Umbelliferae (Apiaceae)
Género	: Arracacia
Especie	: <i>Arracacia xanthorrhiza</i>

c) Composición química

Esta planta debe ser considerada como un alimento esencialmente energético pues en su composición centesimal, se destacan los carbohidratos en relación a los demás nutrientes (almidón + azúcares totales) y considerables niveles de minerales como calcio, fósforo, fierro, además de constituir buena fuente de vitamina A y niacina. (Santos, 1998).

Las proteínas de arracacha, como todas aquellas de raíces y tubérculos, son incompletas porque presentan en general, deficiencia en la mayoría de sus aminoácidos esenciales (Santos, 1998).

d) Usos en la alimentación

Las raíces de arracacha son recomendadas en dietas para niños, personas convalecientes, principalmente por su contenido de calcio, fósforo y niacina. Otro factor determinante para ser utilizado en dietas especiales son las características de su almidón, pues contiene alrededor de 23% de gránulos redondos que varían de 5 a 27 μm , haciéndolo altamente digeribles (Sánchez, 2006).

Tabla 2.8: Composición química de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) (En 100 gramos de parte comestible)

COMPONENTE	UNIDADES	CANTIDAD
Energía	Kcal	97
Agua	g	75,1
Proteína	g	0,7
Grasa	g	0,3
Carbohidratos	g	22,9
Fibra	g	1,1
Ceniza	g	1,0
Calcio	mg	27
Fosforo	mg	50
Hierro	mg	1,1
Tiamina	mg	0,09
Riboflavina	mg	0,08
Niacina	mg	2,84
Ácido ascórbico reducido	mg	27,1

Fuente: García *et al.*, (2007)

2.5.1.5 La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

a) Generalidades

La quinua es una planta precolombina de la familia de las Quenopodiáceas, cuyo nombre científico es *Chenopodium quinoa willd*. Tiene tallos nudosos y velludos de 0,6 a 1,2 metros de alto (Figura 2.7), hojas semejantes a las de caña común, flores pequeñas hermafroditas, en racimos o panículas largas con estambres de 2 a 3 estigmas, las semillas están cubiertas por el cáliz que es algo anguloso.

La quinua no es un cereal por pertenecer a la familia de las Quenopodiáceas, mientras que todos los cereales pertenecen a la familia de la Gramíneas; sin embargo, pueden consumirse en la misma forma que los cereales (Tapia, 1979).

La quinua es uno de los granos que jugó papel importante en la alimentación de la población indígena asentada en las altiplanicies más altas del continente suramericano, constituyéndose en una de las principales fuentes de proteína de dicha zona.

Algunos historiadores y naturistas como el Barón Humboldt dieron testimonio de la presencia de quinua en el territorio chibcha en Colombia; pero en la época de la conquista la producción de este grano entró en la decadencia por razones políticas y socio- económicas convirtiéndose en un cultivo de subsistencia (Tapia, 1979).

Se cultivó hasta fines del primer tercio del siglo XIX; es posible que en los primeros años posteriores a la conquista los chibchas no volvieron a sembrar quinua quizá como una actitud de resistencia pasiva contra el

invasor, el cual los obligaba a cultivar maíz y papa, plantas conocidas por ellos y que eran por entonces la base de la alimentación de los nuevos pobladores. (Ritva, 1998).



Figura 2.7: Cultivo de la quinua blanca de Junin

Fuente: Tapia (1979).

b) Clasificación taxonómica

La composición taxonómica de la quinua, según Tapia (1979) se muestra a continuación.

División	:Fanerógamas
Clase	:Angiospermas
Subclase	:Dicotiledóneas
Orden	:Centrospermales
Familia	:Quenopodiáceas
Género	:Chenopodium
Especie	: <i>Chenopodium quinoa Willd</i>

c) Composición química

La quinua constituye uno de los principales componentes de la dieta alimentaria de la familia de los Andes, fue base nutricional en las principales culturas americanas.

Desde el punto de Vista nutricional y alimentario la quinua es la fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales.

En la tabla 2.9 se presenta la composición química de la quinua.

La quinua posee cualidades superiores a los cereales y gramíneas. Se caracteriza más que por la cantidad, por la calidad de sus proteínas, además la quinua posee mayor contenido de minerales que los cereales y gramíneas, tales como fósforo, potasio, magnesio, y calcio entre otros minerales.

Tabla 2.9: Composición química de la quinua

Componente	Valor
Calorías	351
Humedad	9,40 - 13 %
Proteínas	16 - 23%
Fibra	2,10 – 4,90 g
Grasa Total	5,30 – 6,40 g
Carbohidratos	53,50 – 74,30 g

Fuente: Tapia (1979)

En la tabla 2.10 se muestra la composición comparativa con otros cereales.

Tabla 2.10: Valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales

Componente	Quinua	Trigo	Arroz	Maíz
Valor energético kcal/100 g	350,00	305,00	353,00	338,00
Proteínas g/100 g	13,81	11,50	7,40	9,20
Grasa g/100 g	5,01	2,00	2,20	3,80
Hidratos de Carbono g/100 g	59,74	59,40	74,60	65,20
Agua g/100 g	12,65	13,20	13,10	12,50
Ca mg/100 g	66,60	43,70	23,00	150,00
P mg/100 g	408,30	406,00	325,00	256,00
Mg mg/100 g	204,20	147,00	157,00	120,00
K mg/100 g	1040,00	502,00	150,00	330,00
Fe mg/100 g	10,90	3,30	2,60	-
Mn mg/100 g	2,21	3,40	1,10	0,48
Zn mg/100 g	7,47	4,10	-	2,50

Fuente: www.fao.org (Composición nutricional de la quinua, accesado el 12/06/2015)

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81 y 21,9% dependiendo de la variedad. Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO.

Al respecto Repo-Carrasco (1991) acota que el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya,

comparándose favorablemente con la proteína de la leche.

Su composición del valor nutritivo de la quinua en comparación otros alimentos básicos se presentan en la tabla 2.11.

Tabla 2.11: Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos

Componente	Proteínas (%)	Grasas (%)	CHOs (%)	Hierro (%)	kcal / 100 g
Quinua	13,00	6,10	71,00	5,20	370,00
Carne	30,00	50,00	-	2,20	431,00
Huevo	14,00	3,20	-	3,20	200,00
Queso	18,00	-	-	-	24,00
Leche vacuno	3,50	3,50	-	2,50	66,00
Leche humana	1,80	3,50	-	-	80,00

Fuente: www.prodiversitas.bioetica.org (Accesado el 12/06/2015)

d) Usos en la alimentación

Tradicionalmente los granos de quinua se tuestan y con ellos se produce harina. También pueden ser cocidos, añadidos a las sopas, usados como cereales, pastas e inclusive se le fermenta para obtener cerveza o "chicha" la cual es considerada la bebida de los Incas. Cuando se cuece toma un sabor similar a la nuez.

La harina de quinua es producida y se comercializa en Perú y Bolivia, sustituyendo muchas veces a la harina de trigo, enriqueciendo así sus

derivados de pan, tortas y galletas.

Mezclando la quinua con maíz, trigo, cebada o papa se producen alimentos nutritivos y a su vez agradables con los cuales se están alimentando niños desnutridos del Perú y Bolivia, dando plenos resultados.

Un alimento es valorado por su naturaleza química, por las transformaciones que sufre al ser ingerido y por los efectos que produce en el consumidor.

La quinua constituye uno de los principales componentes de la dieta alimentaria de la familia de los Andes, fue base nutricional en las principales culturas americanas.

Desde el punto de Vista nutricional y alimentario la quinua es la fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales.

El valor calórico es mayor que otras cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 Kcal/100 g., que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías (Risi, 1997).

La proteína de la quinua ayuda al desarrollo y crecimiento del organismo, conserva el calor del organismo, conserva el calor y energía del cuerpo, es fácil de digerir, forma una dieta completa y balanceada (Tapia, 1979).

e) Variedades

La planta posee una gran variabilidad y diversidad, su clasificación se ha hecho en base a ecotipos, se reconoce 5 categorías básicas. (Rojas *et al.*, 2010) (Ver tabla 2.12)

Del valle: la cual crece en los valles comprendidos entre los 2,000 y 3,000 m. de altura. Esta especie es de gran tamaño y tiene un largo período de crecimiento.

Del altiplano: ha sido encontrado alrededor del Lago Titicaca, es resistente a las heladas, de poca altura, carece de ramas y tiene un corto período de crecimiento.

De terrenos salinos: La cual crece en las llanuras del Altiplano boliviano, soporta terrenos salinos y alcalinos. Tiene semillas amargas con un alto contenido proteico.

Del nivel del mar: encontrada en el Sur de Chile, tamaño mediano, generalmente sin ramas, con semillas color amarillo y amargas.

Sub-tropical: encontrada en los Valles interandinos de Bolivia, tiene una coloración verde oscuro al ser plantada y en la madurez se torna naranja. Tiene pequeñas semillas blancas o amarillas.

Perú y Bolivia tienen la más extensa variedad de especies, teniendo 2,000 muestras de ecotipos. Existen también muestras en Chile, Argentina, Ecuador, Colombia, EE.UU, Inglaterra y la Unión Soviética (Tapia, 1979).

Tabla 2.12: Principales variedades de quinua

Variedades o ecotipos	Altitud msnm	Color de grano	Sabor	Periodo vegetativo (días)
Blanca Junín	1 500-3 500	Blanco	Dulce	160-180
Rosada Junín	2 000-3 500	Blanco	Dulce	160-180
Nariño Amarillo	800-2 500	Blanco	Dulce	180-200
Marangani	800-3 500	Amarillo	Amarga	60-180
Quillahuaman INIA	800-3 500	Blanco	Semidulce	160-180
Tahuaco i	1 500-3 900	Blanco	Semidulce	150
Kancolla	800-4 000	Blanco	Dulce	140-160
Cheweca	1 500-3 500	Amarillo	Dulce	150-180
Chucapaca	800-3 900	Blanco	Semidulce	150-160
Kamiri	800-4 000	Blanco	Semidulce	150-160
Camacan II	800-4 000	Blanco	Semidulce	150-160
Rosada Cusco	800-3 500	Blanco	Semidulce	160-180
Real	500-4 000	Blanco	Semidulce	110-130
Boliviana Jujuy	500-3 500	Blanco	Semidulce	100-120
Sajama	> 3 500	Blanco	Dulce	150-170
Blanca de Juli	---	Blanco	Semidulce	150-180
Mantaro	1 500-3 500	Blanco	Semidulce	---
Hualhas	1 500-3 500	Blanco	Semidulce	---
Salcedo INIA	---	---	---	---

Fuente: Rojas *et al.*, (2010)

2.5.2 Insumos

2.5.2.1 Levadura

Las levaduras, como seres vivos que son, necesitan materia orgánica para alimentarse, actúan sobre azúcares simples convirtiéndolos en etanol y CO₂, es lo que se llama fermentación alcohólica y tiene dos grandes aplicaciones en el campo de la alimentación. En la planificación se aprovecha el CO₂ y en otro caso lo que resulta aprovechable es el

alcohol, como ocurre en la industria vinica.

Para la fermentación de masas primarias se emplean levaduras del genero *Saccharomyces cerevisiae*, capaz de fermentar azúcares produciendo anhídrido carbónico y alcohol. Esta levadura tiene como todo ser vivo una temperatura optima de 28°C, que es donde mayor cantidad de gas produce. Por tanto, a -30°C muere por frio y por calor a los 55°C, teniendo una paralización de actividad a 4°C.

En el comercio se encuentra una levadura seca activa y la levadura comprimida. La levadura seca activa es la obtenida de cepas de diferentes géneros, donde las células se desecan hasta tener una humedad inferior al 8%. Esta levadura es resistente al desecamiento, a las concentraciones elevadas de azúcares y a algunos inhibidores como el propionato de calcio. Esta es más resistente conservándola a temperatura ambiente que la comprimida, ya que esta última pierde más del 6,5% de su actividad en cuatro meses a 4°C. (Calaveras, 2004).

a) Función de la levadura

Principalmente las levaduras en panificación tienen tres efectos, aunque de ellos ya ha sido comentado.

- ✓ Transformación de la masa, pasando de ser un cuerpo poco activo a ser un cuerpo fermentativo, donde se desarrollan las reacciones químicas y fisicoquímicas más activas. Produciendo un aumento de energía que equivale a 27 calorías por molécula de azúcar.
- ✓ Desarrollo de parte del aroma mediante la producción de alcoholes,

aromas típicos de panificación y éteres.

- ✓ Quizás la función más importante es la acción de subida de la masa, debido a la producción de CO₂ (anhídrido carbónico) y alcohol etílico en forma de etanol (C₂H₅OH).
- ✓ Convierte a la harina cruda en un producto ligero.

El efecto de la transformación de la masa y subida de la misma, va unido a la hidratación del almidón, con lo cual no siempre se puede especificar el resultado final a un solo efecto.

La acción de las levaduras se concreta con una reducción de pH, debida en parte, al CO₂ producido que se disuelve en el agua de la masa (Calaveras, 2004).

b) Requisitos de calidad de la levadura

Fuerza, es la capacidad de gasificación que permite una fermentación vigorosa.

- ✓ Uniformidad, la levadura debe producir los mismos resultados si se emplean las mismas cantidades.
- ✓ Pureza, evitar la ausencia de levaduras silvestres.
- ✓ Apariencia, debe ser firme al tacto y al partir no se desmorona mucho, debe demostrar algo de humedad. (Calaveras, 2004).

Para actuar, la levadura necesita:

- ✓ Azúcar, como fuente de alimento.

- ✓ Humedad, sin agua no puede asimilar ningún alimento.
- ✓ Materias nitrogenadas, necesita nitrógeno y lo toma de la proteína de la harina.
- ✓ Minerales, la levadura necesita sales minerales para una actividad vigorosa.
- ✓ Temperatura adecuada, mantenerlo refrigerado hasta el momento de su uso. (Calaveras, 2004).

c) Las enzimas para la levadura

Las enzimas de la levadura actúan como catalizadores en la fermentación ayudando a la conversión de algunos azúcares compuestos a azúcares simples y fácilmente digeribles por la levadura. Las enzimas que hay en la levadura son las siguientes:

- ✓ Proteasa, ablanda el gluten actuando sobre la proteína.
- ✓ Invertasa, actúa sobre los azúcares compuestos.
- ✓ Maltasa, actúa sobre la maltosa.
- ✓ Zimasa, actúa sobre los azúcares simples.

d) Principales enzimas en la panificación: Las amilasas

Estas enzimas son fundamentales en la panificación y vamos a entender por qué. En una masa de pan, la transformación del almidón del trigo en azúcares simples, necesita de la acción de dos enzimas básicamente:

- ✓ **Alfa-amilasas** (que proceden del embrión del germen de trigo y de las partes externas del grano de trigo).

✓ **Beta-amilasas** (que proceden del endospermo del grano).

Las alfa-amilasas son las responsables de la formación de dextrinas, las cuales más tarde son convertidas en maltosa por la acción de la **beta-amilasa**. En este momento las levaduras con su poder fermentativo, entran en funcionamiento para dicha transformación, la cual depende de la enzima **maltasa** que descompone la maltosa en glucosa.

La acción de este conjunto de enzimas aporta la energía necesaria para una correcta fermentación del producto horneado. La actuación de estas enzimas, además de conseguir regular la fermentación, produce un mejor color de la corteza y reduce su dureza.

Sin embargo, la harina de trigo es pobre en **alfa-amilasa** y rica en **beta-amilasa**, debido a esto, los mejoradores desde su invención, incluyeron estas enzimas (Gómez et al., 2006).

El **alfa-amilasa** y **beta amilasa**, son las dos amilasas más usadas en la panificación, actúan sobre el almidón pero de una manera distinta. El alfa-amilasa, rompe la molécula de almidón formando moléculas más pequeñas llamadas dextrinas. La beta amilasa transforma el almidón en maltosa (Gómez et al., 2006).

2.5.2.2 Agua

El agua es uno de los ingredientes fundamentales en la elaboración del pan, su calidad tiene una influencia notable en la tecnología de panificación y en los productos de ella obtenidos. (Calaveras, 2004).

El tipo de agua a utilizar debe ser alcalina, es aquella agua que usualmente utilizamos para beber, libre de contaminantes y microorganismos. Cuando se amasa harina con la adecuada cantidad de agua, las proteínas gliadina y glutenina al mezclarse forman el gluten unidos por un enlace covalente que finalmente será responsable del volumen de la masa (Calaveras, 2004).

Normalmente se suele decir que el agua constituye una tercera parte de la cantidad de harina que se vaya a emplear. Aunque es una afirmación no del todo exacta, nos da una idea de la importancia que tiene el agua en la panificación. Tiene una función nutritiva para la levadura. Además permite que se realicen las diversas acciones diastásicas.

No es posible hacer un cálculo exacto de la cantidad de agua a emplear. Se busca una consistencia, apreciable al tacto y que se pueda medir por medio de los aparatos de laboratorio, que facilite el trabajo de la masa. Es fácil corregir esta consistencia durante el amasado añadiendo agua y harina, según el caso.

Si se añade poco agua, la masa desarrolla mal en el horno, mientras que un exceso hace que la masa no tenga una buena cocción, pues la miga resulta húmeda y se produce el ablandamiento de la corteza.

Si durante la cocción se le adiciona agua, lo que se llama "vapor primario", conseguimos retrasar la formación de la corteza para dar al pan una corteza fina y crujiente y aseguramos al máximo volumen, haciendo que se expanda con uniformidad. Además damos color y brillantez al pan, haciéndolo más atractivo a la vista.

El llamado “vapor secundario” es que produce el propio pan por evaporación de la humedad de la masa, y que por si solo, es insuficiente para dar resultados deseados (Calaveras, 2004).

a) Funciones del agua en panificación

Formación de la masa: el agua es el vehículo de transporte para que los ingredientes al mezclarse formen la masa. También hidrata el almidón que junto con el gluten dan por resultado la masa plástica, suave y elástica.

Fermentación: para que las enzimas puedan actuar hace falta el agua para que puedan difundirse a través de la pared o la membrana que rodea la célula de levadura.

El agua es el que hace posible la **propiedad de plasticidad** de la masa, de modo que pueda crecer por la acción del gas producido por la fermentación.

Efecto en el sabor y la frescura: el agua hace posible la porosidad y el buen sabor del pan.

Las sustancias minerales disueltas en el agua confieren **facilidad de trabajar la masa.** (Calaveras, 2004).

2.5.2.3 Mejorador de masa

Son compuestos utilizados durante el amasado, actúan sobre las proteínas principalmente de la harina, que tienen por finalidad corregir

fallas de las masas en proceso, mejorando las características panaderas por el acondicionamiento de gluten.

Para que produzca una determinada reacción, es necesaria la presencia de un determinado mejorador, y la mayor o menor cantidad de este suele modificar la velocidad de la reacción controlada.

Normalmente cualquier casa de mejoradores intenta dar ayuda al panadero facilitando el trabajo, recortando tiempo de fabricación y asegurando una calidad final óptima de los elaborados. Pero no todo es ventajoso con los mejoradores, ya que dosis elevadas del mismo, eliminan parte del sabor característico del pan y en ciertos momentos cambia la forma de la masa que puede ser tenaz. Se podría decir que es recomendable:

- ✓ Conocer las características de la harina previamente, ya que el efecto de un mejorador es distinto si utilizamos harinas acondicionadas o no.
- ✓ Leer y conocer los principios activos del mejorador, que normalmente viene detrás del saco y que están por orden cuantitativa.

Antiguamente se clasificaban por su dosis, pero hoy la clasificación tiene más sentido según el proceso de panificación que tenga el panadero:

Procesos artesanales: Son llamados concentrados con utilización de los mismos en baja dosificación. No suelen tener problemas de aplazamiento y su poder conmulsionante es bajo, dando un aspecto y sabor al pan más natural.

Procesos industriales: Sus dosis varían desde un 0.3% hasta un 0.8%. Sus características están basadas en dar más extensibilidad a las masas tan necesaria en líneas automáticas con dobles formadores incluso patín dinámico. Típico en amasados intensivos, aunque se utilizan en forma general en dichos procesos. Se aplica en fermentaciones cortas o semicortas consiguiendo rápidamente el volumen deseado. Favorecen cortezas finas y migas blancas en el pan.

En este sentido existe una diversidad muy amplia de mejoradores dependiendo su concentración.

Procesos para panes lecitinados: Sus dosis varían de 0.6% a 8% y se caracterizan por una buena respuesta en procesos semi-mecanizados. (Calaveras, 2004).

Procesos pasteleros: Son aquellos mejoradores que se utilizan en masas muy azucaradas y con mucha grasa. Su principal característica es que permite fermentaciones largas para obtener piezas muy ligeras y su dosificación esta entre 0.2% al 0.3%. (Calaveras, 2004).

2.5.2.4 Conservadores (antimohos)

Se definen como conservantes a las sustancias químicas que al ser añadidas intencionalmente al alimento, tienden a prevenir o retardar el deterioro causado a los alimentos por microorganismos, se considera como un conservador ideal a aquel que inhibe hongos, levaduras y bacterias, que no sea tóxico para el ser humano, fácilmente biotransformable por el

hígado, no acumulable en el medio ambiente o en organismos vivos, solubles en agua, estable, que no imparta sabor ni olor.

Los conservantes más utilizados en el área de panificación son:

- **Benzoato de sodio:** Actúa sobre los hongos, principalmente es usado para que en la superficie del producto final, durante la comercialización o expendio, no crezcan hongos (filamentos). La dosis es de 0,05 – 0,1%.
- **Propionato de sodio o calcio:** Son sales de sodio o calcio del ácido propiónico con forma muy fina y de color blanco. Estos fueron los primeros ácidos grasos monocarboxílicos usados como agentes antimicrobianos en alimentos. Su eficacia está en relación al pH siendo 5,0 pH su actividad más óptima para la eliminación de mohos. Se caracteriza porque tiene muy poco efecto sobre las levaduras en dosis normales. Sin embargo, se usan para evitar descomposición de panadería por *Bacillus subtilis* o *B. mesentericus* (“rope”). Normalmente es utilizado durante el amasijo. La dosis es de 0,05 – 0,1% (Calaveras, 2004).

2.5.2.5 Sal

La sal de cocina o cloruro sódico, constituye un elemento indispensable para la masa del pan.

Características:

- ✓ De bajo costo, se usa tal y como se extrae de las salineras, no refinada.

- ✓ En solución acuosa debe ser limpia y sin sustancias insolubles depositadas en el fondo.
- ✓ Debe contener sales de calcio y de magnesio.
- ✓ Debe ser salada y no amarga.
- ✓ Granulación fina poseer una cantidad moderada de yodo para evitar trastornos orgánicos, garantizar una pureza por encima del 95% y sea blanca (yodo 0,004) (Calaveras, 2004)

a) Funciones de la sal en la panificación

- ✓ Actúa principalmente sobre la formación del gluten ya que la gliadina es menos soluble en agua con sal, obteniéndose así mayor cantidad de gluten, lo que permite a la masa retener el agua y el gas.
- ✓ Obtención de masa más compacta que aquella que no posee sal, haciéndola más fácil de trabajar.
- ✓ La sal controla o reduce la actividad de la levadura, ejerciendo una acción bactericida no permitiendo fermentaciones indeseables dentro de la masa.
- ✓ Retarda el crecimiento de microorganismos fermentativos secundarios como son los productores de ácido acético.
- ✓ Favorece a la coloración superficial del pan.
- ✓ Por su higroscopicidad (capacidad de absorción de agua) influye en la duración y en el estado de conservación del pan.
- ✓ Mejorar el sabor.

- ✓ Las proporciones recomendadas de sal a utilizar son: desde 1,5 hasta 3,0% (Calaveras, 2004)

2.5.2.6 Azúcar

Compuesto químico formado por C, H, O. En panificación se utiliza la sacarosa o azúcar obtenida de la caña o de la remolacha.

Funciones:

Alimento para la levadura: El azúcar añadiendo es rápidamente consumida por la levadura, mientras tanto las enzimas convierten el azúcar complejo en mono y disacárido los cuales pueden ser consumidos por la levadura, de esta manera se tiene una fermentación más uniforme.

Colorante del pan: el color café característico proviene de la caramelización de los azúcares residuales que se encuentran en la corteza de la masa después que la misma ha fermentado.

Actúa acentuando las características organolépticas como son la formación de aroma, color de la superficie.

Aumenta el rango de conservación ya que permite una mejor retención de la humedad, manteniendo más tiempo su blandura inicial, retrasando el proceso de endurecimiento.

Ayuda a una rápida formación de la corteza del pan debido a la caramelización del azúcar permitiendo que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro del pan que pueda cocinarse y también para evitar la pérdida del agua (Calaveras, 2004).

2.5.2.7 Leche

La leche utilizada comúnmente en panificación es la leche en polvo descremada, por sus múltiples razones de orden práctico, tales como: su uniformidad, su facilidad de manejo, la ausencia de necesidad de refrigeración, su precio, su mínima pérdida por fácil empleo, bajo espacio al almacenar y duración.

La leche ejerce así mismo un marcado efecto tampón o buffer sobre las reacciones químicas de la masa, las que ocurren como resultado de las fermentaciones (Calaveras, 2004).

Funciones:

- ✓ Mejora el aspecto y color del pan: La lactosa de la leche que no es fermentada por la levadura, otorga un rico color dorado a la corteza, resultado de las reacciones de pardeamiento no enzimático de estas con las proteínas bajo influencia del calor en el horno.
- ✓ Ayuda a que se forme una corteza fina: debido a que la leche capta humedad y la retiene, evita la migración desde la corteza hacia el medio ambiente.
- ✓ Aumenta el valor nutritivo del pan: la caseína, la cual representa alrededor del 75% de las proteínas de la leche, es una proteína casi perfecta, desde el punto de vista del balance de aminoácidos, por lo cual aumenta a niveles altos el valor nutritivo. Además, la lisina presente en la leche, contribuye a solucionar la deficiencia del contenido de este aminoácido en la harina de trigo. Además la leche aporta minerales y vitaminas.

- ✓ Mejora la conservación del pan.
- ✓ Mejora sabor y aroma: La textura del pan con la leche es más suave (Calaveras, 2004).

2.5.2.8 Grasas

Las grasas son una de las sustancias que con más frecuencia se emplean en pastelería y en la elaboración de productos de horneado.

Su empleo como mejorador de las características de la masa y como conservante viene corroborado en numerosas investigaciones, esto depende de su propiedad emulsionante.

El tipo de grasa presente en el pan puede tener diversos orígenes, ya sea animal, como manteca de cerdo, mantequilla o de origen vegetal como aceites y margarina (Calaveras, 2004).

Características de las grasas:

Rancidez: Este efecto no deseado, se produce con glicéridos que tienen mayor instauración como la lanolina, que al tener contacto con el oxígeno del aire produce el enranciamiento. Su olor es muy fuerte y el sabor desagradable y rancio.

Sabiendo que esto se produce al contacto con el oxígeno, es importante evitar la exposición de panes y bollos durante mucho tiempo. Para estos se recomienda utilizar margarinas hidrogenadas que aguanten más tiempo a la oxigenación.

Sabor: Su sabor es característico y es muy contradictorio, pues los hay

con sabor agradable y desagradable, estas últimas modificadas para ser admitidas en panificación.

Color: Son valores variables pero que se mueven en un rango pequeño. Así es:

Manteca de cerdo : color blanco puro

Mantequilla y Margarinas : amarillo dorado

Grasa anhidra : tonos cremas suaves

Funciones de las grasas:

Los lípidos actúan como emulsionantes, ya que facilitan la emulsión, confiriéndole a esta mayor estabilidad respecto a la que se puede obtener solamente con proteínas.

- ✓ Retarda el endurecimiento del pan y mejora las características de la masa; pues la grasa disminuye la pérdida de humedad y ayuda a mantener fresco el pan.
- ✓ Al añadirle grasas emulsionantes a la masa se forma una sutil capa entre las partículas de almidón y la red gluteínica, todo esto otorga a la miga una estructura fina y homogénea, además, le da la posibilidad de elongarse sin romperse y retener las burbujas de gas evitando que se unan para formar burbujas más grandes.
- ✓ Mejora la apariencia, produciendo un efecto lubricante.
- ✓ Aumenta el valor alimenticio, las grasas de panificación suministran 9.000 calorías por kilo (Calaveras, 2004)

Los efectos que tiene al contener excesos de grasa en el pan son los siguientes:

- ✓ Pérdida de volumen
- ✓ Textura y gusto grasoso
- ✓ El pan tendrá características de masa nueva (fresca).

(Calaveras, 2004)

2.5.3 Materiales de empaque

Un empaque es algo más que el mero medio conveniente de trasladar las piezas con seguridad al consumidor. También permite la exposición de la información sobre el tipo, peso, contenido, fabricación, precio, edad, etc., que pueda ser exigida por la ley otros atributos más artísticos asociados con la atracción del cliente incitándole a su adquisición o para permitir su fácil reconocimiento.

Los aspectos de "marketing" son un objetivo en sí mismos, pero, quizás sean dignos de considerar aquí algunos puntos, ya que tienen consecuencias sobre los problemas del empaquetado (Catalá y Gavara, 2006).

Una proporción muy alta del producto se adquiere por un impulso, por lo que es importante que las ilustraciones y color del empaque sean atractivos y suficientemente descriptivos del contenido. Las legislaciones se van haciendo cada vez más exigentes y han de ser expuestas cantidades considerables de información esencial de forma claramente legible. Esto puede perjudicar aquellos diseños que podrían ser

considerados como atractivos. Por tanto, el tamaño y naturaleza del empaque puede quedar determinado, hasta cierto punto por las exigencias del etiquetado (Catalá y Gavara, 2006).

Los costos de composición para la impresión de los envoltorios, son sustanciales, y por tanto, es de gran importancia la atención al diseño y etiquetado. Los errores después de haber impreso los envoltorios, pueden ser muy costosos y pueden conducir a expedientes legales en contra de la empresa.

La exhibición no es el único punto de vista para el diseño de la impresión. También es importante la forma de apilar los paquetes en estantes de las tiendas. Además, del empaque debe proteger al producto de las maneras siguientes: barrera de humedad, resistencia por deterioro mecánico, higiene y pantalla a la luz. La barrera que impide al producto la absorción de la humedad atmosférica también será adecuada en su aspecto higiénico. La propiedad de la barrera es una combinación de la impermeabilidad a la humedad, básica de los materiales utilizados y de la efectividad de los cierres.

En general, los empaques se dividen en dos clases: primarios (bolsas) y secundarios (cajas). Los primarios son los que hacen contacto directo con el producto y los secundarios rodean o envuelven el interior o primario.

Para el caso del pan de molde, el empaque utilizado es el primario, más específicamente las bolsas, pues una vez que el pan se enfría hasta los

13°C y es rebanado, es embolsado con la finalidad de protegerlo contra la pérdida de humedad y contra la acción del medio ambiente. La bolsa sirve para mantener una atmósfera con presión de vapor equilibrado con la presión de vapor del producto, también para mantener las características organolépticas del producto final.

La bolsa debe tener características de hermeticidad y de baja permeabilidad al vapor de agua como al oxígeno. (Catalá y Gavara, 2006).

2.5.3.1 Polietileno (CH₂-CH₂)_n

En forma general podemos mencionar dos tipos generales de polietileno de baja densidad (HDPE) obtenido mediante polimerización de metileno gaseoso, con un proceso de alta presión y el polietileno de alta densidad (LDPE) obtenido por un proceso de baja presión. En el LDPE (0.91/0.92) la parte cristalina representa cerca del 50% mientras que en el HDPE (0.94/0.96) está representado por el 80 al 95% (Rodríguez *et al.*, 2003).

2.5.3.2 Polipropileno (CH₂-CH-CH₃)

Se obtiene con proceso similar al HDPE, con una polimerización del etileno gaseoso a baja presión, se dan tres tipos: polipropileno no orientado, orientado y lacado. Se obtiene por extrusión plana, tiene bajo peso específico (0,89).

Comparativamente con otros materiales, presenta alta resistencia mecánica al corte o perforación, elevada impermeabilidad al vapor de agua, alta resistencia a la temperatura por su punto de fusión (170°C) lo cual permite el autoclavado. Las características ópticas de este material,

son óptimas por su brillantez y por su facilidad para la impresión, tiene alta resistencia a los ácidos y álcalis, además está calificada en las normas europeas para estar en contacto con los alimentos (Rodríguez *et al.*, 2003).

Aun cuando el material de la bolsa tenga óptimas condiciones de impermeabilidad y la bolsa fue bien fabricada protegiendo la herméticamente en los extremos del corte, todo ellos será insuficiente si el sellado o amarre de la bolsa no es el adecuado (Rodríguez *et al.*, 2003).

En la industria de la panificación, específicamente para pan de molde, existen diferentes formas y modos de sellar o amarrar las bolsas: Sellado manual con cinta adhesiva en varias vueltas, sellado semimanual con cinta adhesiva en una vuelta. También existen los alambres plastificados o anillos metálicos. Sea cual fuere el medio de sellado lo importante es mantener la hermeticidad de la bolsa para preservar la atmosfera interna (Rodríguez *et al.*, 2003).

2.6 PROCESO TECNOLÓGICO DEL PAN DE MOLDE

2.6.1 Recepción de materia prima e insumos

La recepción debe realizarse en un ambiente independiente del área de panificación, porque es en esta zona donde va llegar la materia prima que puede estar contaminada y puede contaminar el ambiente de proceso. Es conveniente que en la etapa de recepción se tenga diferenciadas las fechas de entrada de los insumos, así mismo su fecha

de elaboración y vencimiento. Esta área debe ser fresca y ventilada (Calaveras, 2004)

2.6.2 Formulación para el pan de molde

Se debe tener en cuenta el producto a fabricar y la calidad de las materias primas, determinara en qué proporción entraran los diferentes ingredientes. Si no se diseña una formula equilibrada, de nada valdrá realizar un trabajo correcto de amasado y los resultados serán funestos. Muchas veces estas formulaciones se tienen en cuenta los datos obtenidos en la bibliografía, pero en principio se debe determinar el tipo de pan de molde (pan de molde blanco, pan de molde integral, por ejemplo).

2.6.3 Pesado de materia prima e insumos

Permite conocer con exactitud la materia prima e insumos que se va utilizar de acuerdo y en exactitud a la formulación realizada, pues una falla en esta etapa podría reflejarse en el producto final. Con esto se podrá determinar el rendimiento del producto final como evaluar los costos. Se efectúa con cualquier tipo de balanza de capacidad adecuada a las centenas y decenas de gramo. La forma de pesar puede ser en los mismos empaques en los que los insumos llegan a planta o pesándolo en los empaques adecuados en la fábrica que se puede manejar y luego ser mezclados para la masa.

2.6.4 El amasado y su importancia

El proceso de elaboración del pan tiene diversas fases en que la correcta realización de ella marcara la calidad y características finales del

producto. Esta fase del amasado, aunque muchos panaderos ignoren es de vital importancia para la consecución de un buen producto.

El amasado es una operación mediante la cual los distintos componentes de la masa – harina, agua levadura, sal y aditivos se fusionan formando un solo cuerpo. Se busca la unión uniforme de todos los insumos de la masa, formar y desarrollar adecuadamente el gluten de la masa. La preparación de la masa se debe seguir rigurosamente para obtener un buen resultado (Calaveras, 2004).

2.6.4.1 Fases del amasado

Fresado: Corresponde a la mezcla progresiva de los ingredientes y se realiza a velocidad lenta. Durante este periodo, se inicia la hidratación de las partículas de harina. Se mantiene la velocidad lenta hasta que la masa presente una cierta ligazón y no debiera prolongarse salvo ciertas excepciones (Calaveras, 2004).

Rotura y estirado: Cuando la masa está ligada los brazos amasadores estiran la masa, rompiéndola y los fragmentos son lanzados contra las paredes. Este trabajo va desarrollando progresivamente la malla de gluten, lo que se manifiesta en la masa para una mayor cohesión dejándose estirar mucho más antes de romper (Calaveras, 2004).

Soplado u oxigenado: Cuando la masa se deja estirar al máximo, atrapa aire con facilidad. El oxígeno queda disuelto en la masa, y se forman burbujas que son esenciales para el desarrollo de la estructura esponjosa de la masa fermentada finalizando el amasado, tendremos una masa con

elasticidad y extensibilidad deseadas de aspecto fino y liso, y muy flexible (Calaveras, 2004).

2.6.4.2 Método de preparación de la masa

Existen básicamente tres: método esponja-masa, método directo y mixto. Dentro de ellos debemos considerar la incidencia del amasado, ya que para una misma amasadora, según la intensidad y duración de sus fases, obtendremos un producto de características diferentes:

- ✓ Para conseguir un pan voluminoso de corteza fina y miga blanca, el amasado será prolongado, intensivo incorporando la sal al final.
- ✓ Para obtener un pan de volumen medio, corteza gruesa y miga color crema, deberá acortarse el amasado, añadiendo la sal al principio y trabajando siempre a velocidad lenta.
- ✓ Para que el pan tenga miga alveolada irregularmente, de color crema, y corteza crujiente, amasaremos unos 5 minutos a primera velocidad (amasadora de brazos). Dejaremos reposar la masa de 10 a 15 minutos, terminando después el amasado con otros 15 minutos también en primera velocidad (Mesas y Alegre, 2002)

Método directo: Se mezclan directamente los ingredientes sin que se añadan otra masa elaborada previamente. La siembra de fermentos se realiza añadiendo levadura prensada. Seguido por el artesano en épocas de calor, se ha extendido con el procedimiento habitual en la mayor parte de las panificadoras industriales.

Método esponja-masa: La masa se prepara en 2 fases sucesivas.

Primero se amasa una parte de la harina (25%) y los ingredientes proporcionalmente correspondientes su amasado se deja reposar durante 2 a 3 horas, en función de la cantidad de la levadura incorporada y de las condiciones ambientales de la sala de fermentación. Muy utilizado en la fabricación de pan de molde tipo inglés. Se obtiene masa de gran desarrollo y se ahorra levadura. No obstante se corre el riesgo de que las masas resulten demasiados tenaces.

Método mixto: En la preparación de la masa, además de la harina, el agua, levadura, la sal y el aditivo, se añade una porción de una masa previamente fermentada o masa madre. La proporción de masa variará según la época del año, así como de la fuerza de la harina:

Verano: entre 5 y 15%

Invierno: del 20 al 30%

(Proporciones expresadas en relación la cantidad de harina empleada en la preparación de la masa final) (Mesas y Alegre, 2002).

2.6.5 División o corte y pesado

El objeto de esta operación es asegurar un tamaño uniforme y el mismo rendimiento de cada masa. Después de mezclada la masa, el primer paso en la elaboración es el corte, que se puede realizar con el uso de una divisora o en forma manual, dependiendo el tipo de pan que se elaborará.

En el caso del pan de molde, la división ideal es la manual o la hidráulica, para la cual luego del amasado se procede a cortar en

piezas de un peso determinado, luego se procede al boleado (Mesas y Alegre, 2002).

2.6.6 Boleado y moldeado

El boleado tiene por objeto acondicionar la masa para el moldeado. Se realiza apretando suavemente cada pieza de masa con la palma de la mano y dando un ligero movimiento de rotación hacia adentro, sin hacer demasiada presión para evitar que se desgarre.

Las piezas se dejan en reposo durante 15 o 20 minutos. Durante esta etapa se desarrolla una película delgada en la superficie de la bola y aumenta un poco de tamaño y elasticidad.

Luego se procede a estirar ligeramente la masa y darle una forma más alargada, para que de esta manera ocupe un mayor espacio en moldes para pan y así darles la forma definitiva (Mesas y Alegre, 2002).

2.6.7 Fermentación

Esta operación tiene por objeto la producción de CO₂, alcohol y otros componentes aromáticos, permitiendo obtener un producto de buen volumen, olor y sabor (Mesas y Alegre, 2002).

Fermentación controlada: Se entiende como fermentación controlada a la acción de controlar a nuestra voluntad la fermentación de una masa destinada a la fabricación de pan mediante una combinación de temperaturas del frío al calor.

Algunas de las ventajas que aporta aplicar la fermentación controlada en

una panadería son:

- ✓ Evitar trabajo nocturno. Se puede elaborar el pan de día y se hornea a la hora deseada.
- ✓ Posiblemente un ahorro de levadura al poder programar en la cámara el tiempo de fermentación deseado.
- ✓ Mejorar la conservación y sabor del producto final al poder disponer de un largo tiempo de fermentación.
- ✓ Posibilidad de disponer de pan caliente en el punto de venta durante un mayor margen de tiempo aplicando el sistema dormilón que detiene parcialmente la fermentación de una masa una vez lista para su cocción (Mesas y Alegre, 2002).

Proceso: El proceso consiste en la transformación de algunos almidones rotos presentes en la harina en azúcares fermentables los cual producirán anhídrido carbónico y alcohol por la levadura. Este proceso es posible gracias a las enzimas que se encuentran tanto en la harina como en la levadura (Mesas y Alegre, 2002).

Temperatura de bloqueo: Es la temperatura que debe tener la cámara al introducir la masa debe ser -8°C para lograr un efecto de choque que no permita reaccionar a la levadura (la levadura en una masa de pan empieza a reaccionar a partir de los 4°C). La temperatura de bloqueo durará hasta que el interior de la masa alcance los 2°C . Si la cámara no permite alcanzar -8°C utilizaremos la mínima temperatura que nos permita el equipo de enfriado (Mesas y Alegre, 2002).

Temperatura de mantenimiento: Es la temperatura que deberá existir en el interior de la cámara desde que termina la temperatura de bloqueo hasta que empieza el ciclo de fermentación y será de entre 0°C y 2°C.

Temperatura de fermentación: Es la temperatura que deberá alcanzar la cámara al finalizar el mantenimiento y oscilara entre los 20°C y 28°C (ni aun trabajando sin fermentación controlada es recomendable fermentar a más de 30°C). El cambio de temperatura de mantenimiento a fermentación no debe ser brusco para así evitar que fermente solamente la parte exterior de la masa, si no que será paulatino para conseguir una fermentación por igual en toda la pieza. La humedad de la cámara en esta etapa será entre 75 a 85%.

Efectos de la temperatura y la humedad: Durante la etapa de fermentación es preciso que la graduación de la temperatura no varíe mucho, ni por encima ni por debajo de la temperatura óptima de la masa que se sitúa en los 25°C (puede ser por debajo en los procesos de fermentación controlada).

Cuando la temperatura de fermentación supera los 31°C, se produce una desproporción en la fermentación de la masa, fermentando más en la parte externa que en la interna, lo que provocara que la corteza se cuartee y se desprenda gas. El aroma y sabor también se verán afectados por una temperatura superior a los 31°C ya que, a esta temperatura se desarrollan progresivamente las fermentaciones secundarias (ácida, láctica y butírica) que, si bien son positivas, cuando se producen en exceso provocan un sabor negativo.

Es recomendable antes de aumentar exageradamente la temperatura de fermentación añadir más cantidad de levadura. Por otro lado, cuando la temperatura de fermentación es inferior a 25°C, la masa además de fermentar más lentamente, va perdiendo fuerza y tenacidad. Por ello, hay que tener en cuenta que cuando utilizan las técnicas de la fermentación controlada o se somete a la masa al frío para ralentizar la fermentación, hay que dotar de fuerza a la masa para compensar el equilibrio y la pérdida de fuerza. La humedad relativa de la cámara o del lugar donde se desarrolle la fermentación ha de estar bien regulada, ya que, si el ambiente es muy seco, la masa se cortará y si es muy humedad la masa se volverá pegajosa.

La humedad ideal será la resultante de la suma de la hidratación de la masa más la humedad de la harina (ejemplo: si a una masa se le ha añadido el 60% de agua y la harina contiene un 15% de agua, la humedad ideal será de 75%), de esta forma ni se cortará ni se volverá pegajosa (Mesas y Alegre, 2002).

2.6.8 Horneado

Cocinar es preparar los alimentos hasta lograr cambios en su sabor, suavidad, apariencia y composición química.

El proceso efectivo para hornear es en realidad el último y el más importante paso en la producción de los productos de panadería. Mediante la acción de calor, la masa de pan se transforma en un producto ligero, poroso, fácilmente digerible y muy apetitoso.

La tecnología de horneado forma los granos más bien insípidos, en productos atractivos para los cuales no hay contratitos en la naturaleza (Mesas y Alegre, 2002).

a) Principales cambios que ocurren durante el horneado:

- ✓ A medida que la masa entra en el horno caliente encuentra la atmósfera caliente de la cámara de horneado y se forma una película visible sobre la superficie de esta, a continuación se desarrolla la elasticidad en el horno durante la cual se produce la expansión del volumen de masa que llega a ser hasta un 30%.
- ✓ Esta elasticidad que se consigue en el horno es consecuencia de una serie de reacciones presentándose el efecto puramente físico del calor sobre los gases.
- ✓ Otro efecto del calentamiento es reducir la solubilidad de los gases.
- ✓ El hinchado de almidón va acompañado de la absorción de agua y de los otros ingredientes de la masa.
- ✓ El sistema de enzimas se destruye.
- ✓ A medida que el horneado continúa, el incremento de la presión por expansión de gases en la masa cambia poco a poco, el sistema de almidón se estabiliza, las condiciones internas de tensión se relaja y ocurre una disminución de la presión (Calaveras, 2004).

La elasticidad que se produjo al principio del ciclo de horneado se estabiliza y la corteza muestra gradualmente un color café dorado que va acompañado por texturas y aromas agradables.

El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y bioquímico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas. La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y tipo de pan. La temperatura oscila entre 220 a 275°C, la duración:

- ❖ 45 - 50 min. pan de 200 g.
- ❖ 30 - 40 min. pan de 900 g.
- ❖ 20 - 30 min. pan de 500 g.

Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dure esta fase de la cocción.

Además, 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 forman tanto en la fermentación, como en la cocción (aldehídos, éteres, ácidos, etc.). A causa de la dilatación del gas y del aumento de la tensión del vapor del agua, debido a la temperatura del horno, la masa sufre rápido aumento de volumen que alcanza el máximo desarrollo después de un tiempo (5 - 10 min.) variable con el peso, la forma y la calidad de la masa. El desarrollo de la masa está relacionado con tres factores, concentración del gas, elasticidad y resistencia de la masa, y su capacidad de retención del gas.

A temperatura inferior a 55°C, la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue; sólo alcanza los 65°C la actividad de la levadura seca y al mismo tiempo comienza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón.

El almidón degrada a las dextrinas, mono y disacáridos a las altas temperaturas que se expone la parte externa de la masa. También se produce pardeamiento no enzimático proporcionando así el dulzor y el color de la corteza.

En la superficie del pan se produce un endurecimiento por desecación (corteza) y un pardeamiento no enzimático. Este pardeamiento va acompañado de la formación de compuestos odorantes. La cocción da lugar al aroma de la corteza. El aroma de la fermentación esta enmascarado por el aroma formado en las reacciones de Maillard y las de caramelización o formación de meloidinas. (Calaveras, 2004).

2.6.9 Enfriado

Tiene por objeto darle un enfriamiento adecuado al pan, para que no se produzca una deshidratación que provocaría en endurecimiento la miga y el ablandamiento de la corteza, su textura se vuelve correoso y viscoso con lo que se pierde la fragilidad característica.

El pan sale del horno con su miga a una temperatura ligeramente inferior a 100°C y con un 45% de humedad en su centro. La corteza está más caliente pero mucho más seca (1 – 2% de humedad). Si la desecación es muy intensa durante el enfriamiento se produce mucha

pérdida de peso y de las características de la miga, por lo que la temperatura óptima de enfriamiento es no menor a 13°C.

2.6.10 Rebanado y embolsado

El rebanado se realiza cuando el pan está a una temperatura no menor a los 13°C, pero previamente debe ser rebanado utilizando la cortadora de pan. Algunas investigaciones, sugieren que alcanzada en el interior del pan la temperatura de 33°C, ya se puede empaquetar. Si la temperatura es superior a esta, se produce una condensación gradual sobre la superficie de la bolsa, que será posteriormente un caldo de cultivo apropiado para el desarrollo de los hongos.

En esta etapa del proceso se utilizan bolsas de polipropileno no orientado con una abertura en uno de los lados que permita llenar con facilidad las bolsas. Comparativamente con otros materiales, presenta alta resistencia mecánica al corte o perforación, elevada impermeabilidad al vapor de agua, alta resistencia a la temperatura por su punto de fusión (170°C) lo cual permite autoclavado (Mesas y Alegre, 2002).

Las características ópticas de este material son óptimas por su brillantez y por su facilidad para la impresión, tiene alta resistencia a los ácidos y álcalis.

En el momento del envasado se deben verificar que las bolsas no estén rajadas, ni deformes, limpias y desinfectadas. El llenado se realiza en forma rápida, se coloca inmediatamente el cierre (cinta) y se procede a almacenar el pan (Calaveras, 2004).

2.6.11 Almacenamiento

El almacenamiento en esta etapa en la que se le debe brindar las condiciones necesarias para que el pan tenga un periodo de vida más prolongado. El producto debe ser almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su comercialización. La temperatura ambiente también influye en el crecimiento superficial de hongos, siendo la temperatura óptima para su desarrollo la de 30°C. Conociendo este dato hay que mantener el pan, en la medida de lo posible, a temperatura en torno a 20°C.

Además las bolsas no se deben apilar una sobre otra, pues esto podría causar daños en la forma del pan (Mesas y Alegre, 2002).

2.6.12 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. Es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc., que son parte esencial del control de calidad de los alimentos, y tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones, lleva consigo un instrumento de análisis, es decir sus cinco sentidos. Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos, hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos.

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-citado por Jimenez R., 2000). 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.

La evaluación sensorial es una disciplina independiente, capaz de entregar resultados precisos; y reproducibles tanto sobre los aspectos cualitativos como cuantitativos de los alimentos. Desempeña un rol importante es la estimación de parámetros de calidad organoléptica como son: apariencia, forma, sabor, tamaño, aroma, consistencia, textura, etc.

2.7 CONTROL DE CALIDAD

2.7.1 Calidad

La Norma NTP – ISO 8402 – INDECOP (1994) define la calidad como la totalidad de características de una entidad (aquello que puede ser descrito, considerado individualmente) que le confieren la capacidad para satisfacer necesidades implícitas y explícitas.

La calidad son las características de un producto o servicio que sea necesario para satisfacer las necesidades del cliente o para alcanzar la aptitud para el uso de una característica de calidad. Cuando se tratan de productos, las características son casi técnicas, mientras

que las características de calidad de los servicios tienen una dimensión humana.

2.7.2 Control de calidad

Según Norma NTP – ISO 8402 – INDECOPI (1992), el control de calidad se define como las técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para cumplir los requisitos para la calidad.

Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor. El control de calidad moderno utiliza métodos estadísticos para alcanzar esta meta, preciso que en la empresa todos promuevan y participen en el control de calidad, incluyendo en estos a los altos ejecutivos así como a todas las divisiones de la empresa y a todos los empleados.

2.7.3 Requerimientos básicos

Para lograr una industrialización completa del pan de molde se precisa un local y como en todo sistema de procesamiento de alimentos, la necesaria sanidad e higiene industrial. En nuestro país el control sanitario de establecimientos de fabricación y almacenamiento de alimentos y bebidas lo realiza el Ministerio de Salud a través de la Dirección de Salud Ambiental, quienes fijan los niveles de calidad y seguridad del producto. Esta institución establece en el reglamento sobre vigilancia, control sanitario de los alimentos y bebidas que en el local donde proceden

alimentos existan las condiciones apropiadas para manipularlos (Calaveras, 2004).

2.7.4 Deterioro del producto de panificación

Como producto de panadería, los panes están compuestos por una masa de harina fermentada y horneada, conteniendo además azúcar, yema de huevo, manteca y otros. Entonces, el pan, por sus características de composición y presentación está sujeto a vencimiento debido al deterioro ocasionado por interacción de varios factores:

- ❖ Los componentes de almidón de la harina estarán sujetos a cristalización o retrogradación.
 - ❖ El componente graso a enranciamiento.
 - ❖ La humedad y el peso disminuirán.
 - ❖ El aroma y sabor característico se perderá gradualmente.
 - ❖ Podrá sufrir daño físico por aplastamiento.
 - ❖ Determinantemente habrá un deterioro microbiológico por el desarrollo de hongos contaminantes y otros microorganismos.
- (Calaveras, 2004).

Principales problemas por deterioro en los productos de panadería están dados por diferentes agentes tales como:

Pérdida de humedad y peso: Los empaques de los panes de molde, generalmente indican que el producto está sujeto a pérdida de humedad y peso, conforme transcurre el tiempo. Pruebas de laboratorio muestran que la humedad de pan de molde envasado podría variar de 38 a 42% a 25°C (Calaveras, 2004).

La pérdida de humedad está dada por la diferencia de presiones de vapor entre la superficie del producto y del medio circundante. Por tanto, debe considerarse que el empaque del pan de molde debe permitir que se mantenga el equilibrio de presiones de vapor entre el producto y la atmosfera inmediata (Calaveras, 2004).

Alteración de la grasa: El componente graso del pan de molde está dado por manteca vegetal aunque también puede ser mantequilla o huevo dependiendo de la formulación utilizada.

Las grasas como triglicéridos se deterioran por acción de las enzimas proteolíticas como la lipasa, se hidrolizan a los triglicéridos, liberando ácidos grasos, que le confieren al producto sabores y aromas desnaturalizantes.

Pérdida de aroma: Los factores aromáticos del pan de molde y de los productos horneados se originan por la interacción de los ingredientes que durante el amasado, la fermentación y horneado, forman compuestos solubles y volátiles que dan al producto el aroma típico que lo caracteriza.

El aroma de los panes de molde puede afectarse por las siguientes razones:

- ❖ Alteración del componente graso por acción de lipasas, lipooxigenasas y del oxígeno.
- ❖ Alteración de los ácidos cítricos que pueden estar presentes como parte de la formulación del producto.
- ❖ El control de estos agentes de deterioro debe considerar que tanto

las lipasas como las lipooxigenasas deben tener origen microbiano por contaminación posterior al horneado, pues las temperaturas altas a que se somete la masa había desnaturalizado (Calaveras, 2004).

Falta de acidez: El pH del pan con valores entre 5.7 y 5.9 o superiores, facilita la proliferación microbiana, no solamente la producida por mohos sino también por ahilamiento

La reducción de pH por fermentación prolongada o por la adición de algunos reguladores de pH favorece un tiempo mayor de conservación. Por otro lado, los conservantes tienen su máxima actividad en un medio ácido.

Deterioro mecánico: Durante el almacenamiento y distribución del producto existe el riesgo de daño mecánico por aplastamiento de rumas ya sea en forma estática por el propio peso de las bolsas y la presión que ejercen sobre los envases de la parte inferior o durante el transporte por los efectos adicionales producidos por los arranques, frenados y la naturaleza irregular de los caminos.

Recomendaciones:

Entre los principales requisitos, para un Programa de Control de Calidad en el Proceso de Productos de Panadería, podemos mencionar:

- ✓ El control de calidad estará a cargo de personal calificado y debidamente capacitado.
- ✓ Las responsabilidades de control de calidad deben estar claramente definidas.

- ✓ La alta dirección de la empresa debe estar comprometida con la tarea del aseguramiento de la calidad.
- ✓ Inspeccionar continua y periódicamente la materia prima a insumos, así como aditivos necesarios para la fabricación del producto.
- ✓ Se deben guardar todos los informes acerca de los análisis realizados, los cuales deben ser registrados oportunamente, previamente preparados para brindar información rápida, concreta y puntual. En el caso del pan de molde entonces, imprescindible conocer la harina y su calidad, así como el estado de los demás ingredientes.
- ✓ Control adecuado del proceso y de todas sus fases, cumpliendo con los parámetros y estándares predeterminados.
- ✓ Debe implementarse programas de limpieza, prevención y lucha contra plagas.
- ✓ Debe a su vez, considerarse un adecuado programa de capacitación al personal, en adecuadas condiciones de higiene y manipuleo para un adecuado desenvolvimiento en su labor, lo cual reanudara directamente en la calidad del producto.
- ✓ Es importante, por último, mantener actualizado el plan de control de calidad, el cual debe ir adaptándose a los cambios y modificaciones que pueda sucederse en planta (Mesas y Alegre, 2002).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial y Centro Experimental de Panificación de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga - Ayacucho.

El trabajo se realizó de mayo a noviembre del 2015.

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materia prima

Para la producción de pan de molde se utilizó como materias primas:

- Harina de trigo para panificación, adquirido en Comercial de insumos CINSA E.I.R.L. - Ayacucho.
- Arracacha, variedad amarilla, adquiridas en el “Mercado Nery García Zárate”- Ayacucho.
- Quinoa, adquiridas en el “Mercado Nery García Zárate”- Ayacucho.



Figura 3.1: Harina de trigo

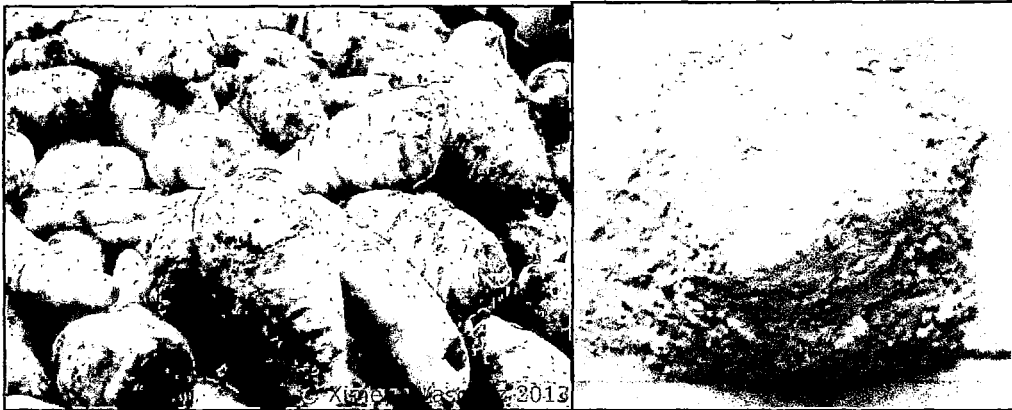


Figura 3.2: Raíces y harina de arracacha

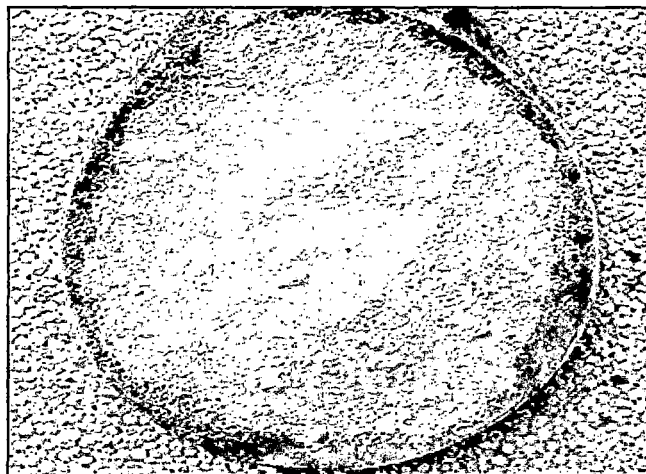


Figura 3.3: Granos y harina de quinua

3.1.2 Insumos

Para la producción de pan de molde se utilizó los siguientes insumos:

- ✓ Azúcar refinada, adquirida en CINSA E.I.R.L – Ayacucho.
- ✓ Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) fresca, Fleishman, adquirida en CINSA E.I.R.L. - Ayacucho.
- ✓ Manteca vegetal “Gordito”, adquirida en CINSA E.I.R.L – Ayacucho.
- ✓ Sal de cocina-yodada, adquirida en CINSA E.I.R.L – Ayacucho.

3.1.3 Reactivos

- ✓ Agua destilada.
- ✓ Solución de hidróxido de sodio (0,1N y 0,01N).
- ✓ Fenolftaleína.
- ✓ Ácido sulfúrico (96%)
- ✓ Ácido clorhídrico 37% (v/v)
- ✓ Ácido bórico 4%
- ✓ Indicador TASHIRO

3.1.4 Materiales de laboratorio y otros

- ✓ Vasos de precipitado de 100, 250 y 500 mL.
- ✓ Pipetas de 1, 5 y 10 mL
- ✓ Fiolas de 250, 100, 500 mL
- ✓ Matraz de 250 mL.
- ✓ Bureta de 50 mL
- ✓ Probeta graduada de 100 mL
- ✓ Tubos de ensayo con gradilla

- ✓ Mortero y pilón
- ✓ Termómetro.
- ✓ Papel filtro.

3.1.5 Equipos e instrumentos

- ✓ Amasadora – sobadora marca Nacional, modelo k25, capacidad 40 kg.
- ✓ Balanza analítica marca AND, HR 200, precisión ± 10 mg
- ✓ Colorímetro marca Lovibond.
- ✓ Sistema analizador de proteínas, marca VELP SCIENTIFIC.
- ✓ Espectrofotómetro UV-V, marca LABOMED, modelo 200
- ✓ Estufa marca RELES.
- ✓ Horno rotatorio por convección marca ANLIN.
- ✓ Mufla marca RELES.
- ✓ Rebanadora de pan marca Nacional, modelo ESTANDAR.
- ✓ Equipo de extracción de grasas Soxhlet.
- ✓ Balanza digital, marca OHAUS, modelo TAJ602

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1 Análisis fisicoquímico de la materia prima

3.2.1.1 Análisis fisicoquímico de la harina de trigo.

La harina de trigo utilizada fue caracterizada por las siguientes propiedades:

- ✓ **Composición proximal**

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina fueron realizadas por los métodos N°44-15 A de la AACC (1995), N°920.87 de la

AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos totales se determinaron por diferencia (100% - de los otros componentes.) Las pruebas fueron analizadas por triplicado.

✓ **Colorimetría**

Para la determinación del color de la harina de trigo fue utilizado el colorímetro (Marca LOVIBOND) siguiendo el sistema CIE – LAB, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/ Blanco 100), a* (verde- / rojo+) y b* (azul- / amarillo+). La cromaticidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

✓ **Granulometría**

El tamaño de partícula de harina se determinó por triplicado por el método N° 965.22 de la AOAC (1997).

3.2.1.2 Análisis fisicoquímico de la harina de arracacha.

✓ **Composición proximal**

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina de arracacha fueron realizadas por los métodos N°44-15 A de la AACC (1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos totales se determinaron por diferencia (100% - de los otros componentes.) Las pruebas fueron analizadas por triplicado.

✓ **Colorimetría**

Para la determinación del color de la harina de trigo fue utilizado el colorímetro (Marca LOVIBOND) siguiendo el sistema CIE – LAB,

determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/ Blanco 100), a* (verde- / rojo+) y b* (azul- / amarillo+). La cromaticidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

3.2.1.3 Análisis fisicoquímico de la harina de quinua.

✓ Composición proximal

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina de quinua fueron realizadas por los métodos N°44-15 A de la AACC (1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos totales se determinaron por diferencia (100% - de los otros componentes.) Las pruebas fueron analizadas por triplicado.

✓ Colorimetría

Para la determinación del color de la harina de trigo fue utilizado el colorímetro (Marca LOVIBOND) siguiendo el sistema CIE – LAB, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/ Blanco 100), a* (verde- / rojo+) y b* (azul- / amarillo+). La cromaticidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

3.2.2 Computo químico

El score químico o computo químico se expresó como la cantidad (mg) de aminoácido esencial por gramo de la proteína en estudio en relación

con la cantidad del mismo compuesto en la proteína de referencia (g), es decir, el patrón aminoácido establecido para el niño en edad escolar.

El resultado se expresó de manera porcentual. El valor más bajo que corresponde al score y el aminoácido que lo produce se denomina "primer limitante". El valor obtenido para cada aminoácido mayor a 100% expresa una proteína completa.

3.2.3 Procedimiento para la elaboración del pan de molde.

El procedimiento para la elaboración de pan de molde estuvo descrito por las siguientes etapas:

3.2.3.1. Proceso de elaboración de pan de molde estándar

Se incorpora todos los componentes necesarios en la amasadora para el procesamiento del pan de molde. Siempre se trabaja en la primera velocidad para tener un mejor control de la temperatura de la masa.

El tiempo de amasado depende de cuando la masa toma el punto "liga o gluten", el que nos indica cuando la masa está lista y posteriormente se detiene el amasado. Luego se procede a la división en masas cuya finalidad es obtener una mayor superficie de contacto con la temperatura del ambiente, que facilite el enfriamiento de la masa.

El boleado se realiza de forma manual, apretando suavemente la porción de masa y dando un ligero movimiento de rotación hacia dentro, hasta que se obtenga una forma esférica y una superficie lisa. Se deja reposar, luego se corta le da forma elíptica a cada uno. Finalmente se les coloca en sus respectivos moldes. Éstos se colocan en un coche o carrito panadero, luego ingresan a la cámara de fermentación a una humedad relativa de

69% y 31 °C de temperatura por un tiempo aproximado de 1 hora y 40 minutos, este tiempo depende del comportamiento y desarrollo de la masa con respecto al molde. La altura que se recomienda es los $\frac{3}{4}$ del molde, pues en el horneado termina por crecer aún más. El objetivo de esta etapa del proceso, es obtener un volumen adecuado de la pieza. Luego se colocan los moldes en el horno rotatorio a una temperatura de 140 °C por un tiempo de 45 minutos. Luego de ser horneados, los panes son sacados de sus moldes y colocados en fuentes secas y frías, y llevadas a una zona fresca, seca y libre de contaminación. Los panes son rebanados y luego envasados en bolsas polipropileno litografiadas selladas con un amarre. Finalmente se procede a almacenar a temperatura ambiente.

Tabla 3.1: Fórmula para un pan de molde estándar

INSUMOS	%	g
Harina especial	100	1,000
Mejorador Enzimático	1	0,010
Antimoho	0,3	0,003
Sal	2	0,020
Azúcar	8	0,080
Agua	50	0,500
Levadura seca	2	0,020
Manteca	10	0,100
Emulsionante	1	0,010

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2. Proceso de elaboración de pan de molde en el estudio

En la figura 3.4 se presenta el diagrama tentativo para la elaboración del pan de molde enriquecido con harina de arracacha y harina de quinua.

A continuación se describe las operaciones que se realizaron para obtener el pan de molde enriquecido con harina de arracacha y harina de quinua según la formulación planteada en el trabajo de investigación.

a) Recepción

En esta etapa se debe tener cuidado con las materias primas, insumos y aditivos que llegarán al área de proceso, la cual deberá ser debidamente evaluada su calidad de manera minuciosa.

b) Pesado

En esta etapa se pesan las materias primas e insumos según las formulaciones de cada ensayo en el experimento. Operación que se realizó en una balanza digital. Esta operación permitió determinar la cantidad de materia prima que ingresa, además podemos determinar el rendimiento final y cuando se va perdiendo en cada proceso.

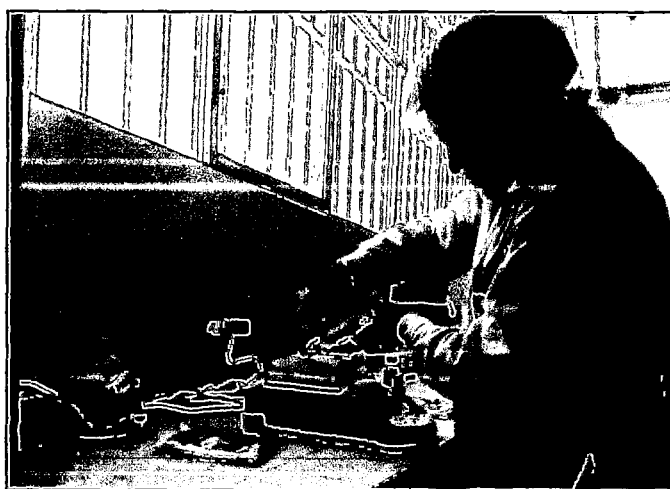


Figura 3.4: Pesado de las materias primas para el pan de molde

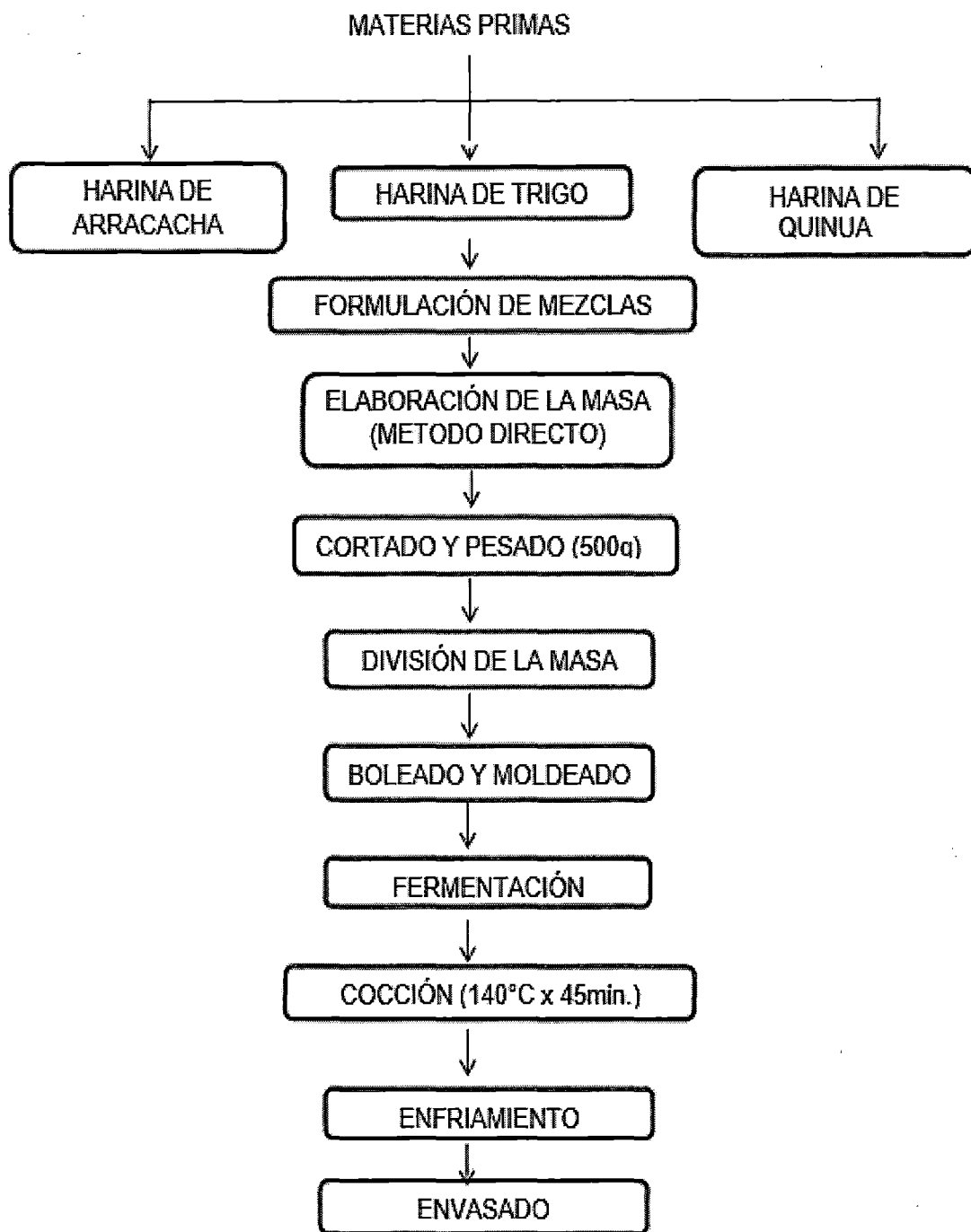


Figura 3.5: Diagrama de flujo tentativo para elaborar pan de molde en el estudio

c) Amasado y sobado

Para cada formulación los ingredientes fueron mezclados en una amasadora-sobadora mecánica marca NACIONAL, modelo T25, capacidad de 25 kg, el tiempo de mezcla en velocidad lenta fue de 5 min y luego se procedió a monitorear el tiempo hasta que se produjo el desenvolvimiento del gluten (formación del punto liga o gluten) el cual indica que la masa esta lista.



Figura 3.6: Amasado y sobado del pan de molde

d) Boleado y moldeado

Previo al boleado la masa fue dividida en porciones de 650 gramos para tener mayor superficie de contacto con la temperatura ambiente, luego se realizó el boleado de forma manual, apretando suavemente la porción de masa dando un ligero movimiento de rotación hacia adentro, hasta que se obtuvo una forma esférica y una superficie lisa, después se dejó la masa reposando por un periodo de 15 min, se le dio forma elíptica y las porciones fueron puestas en el molde previamente untados de manteca.



Figura 3.7: Boleado y moldeado del pan de molde

e) Fermentación

Luego la masa de los moldes se dejó fermentar en condiciones aproximadas de 28 °C y 69% HR; el tiempo en cada ensayo dependió del comportamiento y desarrollo de la masa con respecto al molde para lo cual hubo monitoreo continuo.

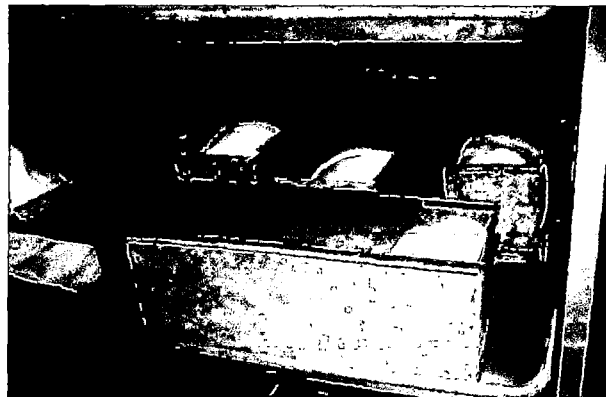


Figura 3.8: Fermentado del pan de molde

f) Horneado

Las masas fueron colocadas en el horno (marca ANLIN, modelo MAX1000) a 140 °C por 45min.



Figura 3.9: Horneado del pan de molde

g) Enfriamiento

Los panes fueron sacados de sus moldes y colocados en fuentes secas y frías en una zona fresca, libre de contaminación.

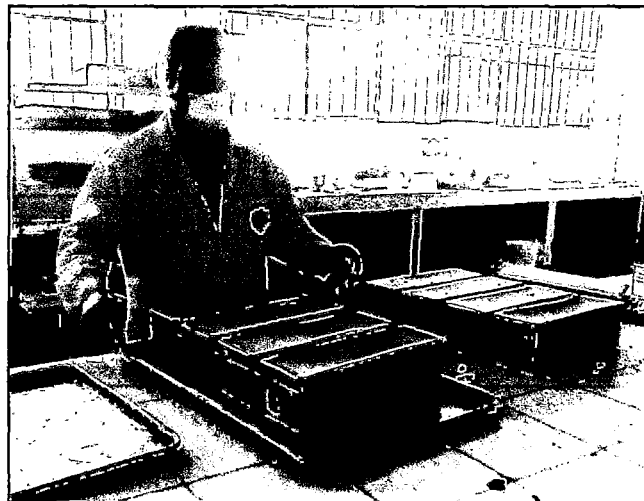


Figura 3.10: Enfriado de los panes de molde

h) Rebanado y embolsado

Los panes de molde fueron rebanados en la cortadora o rebanadora (marca NACIONAL, modelo ESTANDAR) y luego embolsado en bolsas de polipropileno

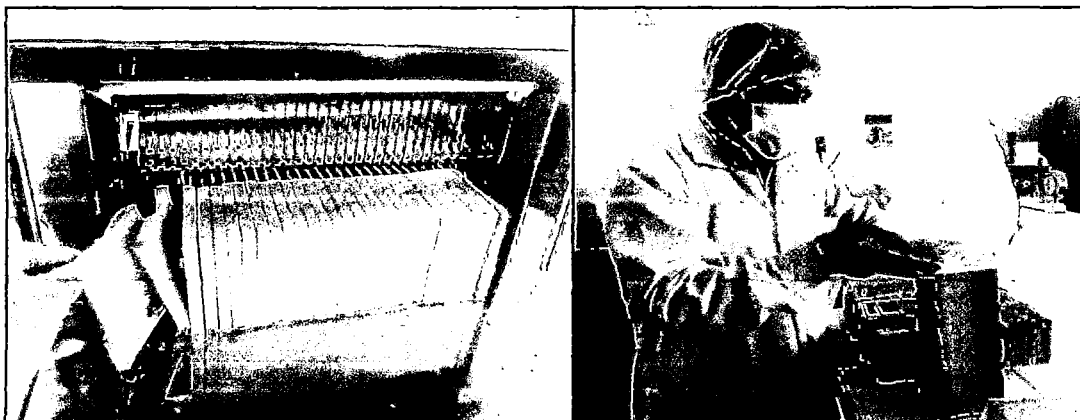


Figura 3.11: Rebanado y embolsado del pan de molde

i) Almacenamiento

Los panes de molde se almacenaron en un ambiente limpio y fresco, a temperatura ambiente.

3.2.4 Evaluación de la calidad de los panes de molde

Los panes de molde producidos fueron caracterizados a través de los siguientes análisis:

3.2.4.1 Volumen específico

El volumen del producto se encontró por el método de desplazamiento de semillas de baja densidad (se utilizó kiwicha), una hora después del horneado. El recipiente utilizado para el cálculo fue de plástico.

3.2.4.2 Color de corteza y miga

Para la determinación del color de la corteza y la miga de los panes de molde fue utilizado el colorímetro (Marca, LOVIBOND) siguiendo el sistema CIElab, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0 / Blanco 100), a* (verde - / rojo +) y b* (azul - / amarillo +).

La cromaticidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

El color de la miga fue realizada en el centro de la rebanada del pan, por triplicado y el color de la corteza en la parte superior del pan, en el punto medio.

La cromaticidad fue determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Cromaticidad (C*)} = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$$

El ángulo de tonalidad h fue determinado por:

$$h = \tan^{-1} (b^* / a^*)$$

3.2.4.3 Análisis sensorial

Se realizó el análisis sensorial a las 11 formulaciones, además de la muestra patrón.

Los panes fueron evaluados por 30 panelistas no entrenados, de ambos sexos, con edades que fluctuaban entre 9 y 10 años de edad, todos ellos estudiantes de los Planteles de Aplicación "Guamán Poma de Ayala" de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Las características evaluadas fueron, color, olor, textura, sabor. Las fichas de evaluación fueron elaboradas teniendo en cuenta una escala hedónica de 5 puntos (1=Muy agradable y 5=Muy desagradable).. La ficha usada para la evaluación sensorial se encuentra en el anexo 1.

3.3 DISEÑO ESTADÍSTICO

3.3.1 Planeamiento experimental

El planeamiento experimental se realizó mediante un delineamiento factorial completo, Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2^2 , donde las variables independientes son los niveles de harina de arracacha y harina de quinua.

Los niveles varían en $-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$, los valores reales correspondientes se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 3.2: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2^2 , incluyendo 4 ensayos factoriales, 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central

VARIABLES INDEPENDIENTES	NIVELES				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
HARINA DE ARRACACHA (%)	0	3	10	17	20
HARINA DE QUINUA (%)	0	1,5	5	8,5	10

Donde: $\alpha = \pm 1.42$

La secuencia de ejecución de los experimentos fue aleatoria, definida a

través de un sorteo previo, excepto para los puntos centrales.

En la tabla 3.3 se presenta los valores codificados y valores reales del diseño central compuesto rotacional 2^2

Tabla 3.3: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2^2

FORMULACIÓN	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
	X_1	X_2	HARINA DE ARRACACHA (%)	HARINA DE QUINUA (%)
1	- 1	- 1	3	1,5
2	1	- 1	17	1,5
3	- 1	1	3	8,5
4	1	1	17	8,5
5	- α	0	0	5
6	+ α	0	20	5
7	0	- α	10	0
8	0	+ α	10	10
9	0	0	10	5
10	0	0	10	5
11	0	0	10	5

3.4.2. Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XV.II, para determinar los efectos de las variables independientes, calcular los coeficientes de regresión, análisis de varianza (ANOVA) con nivel de significancia de 5%.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS FISICOQUIMICO DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1. Análisis fisicoquímico de la harina de trigo

4.1.1.1 Composición proximal

Los resultados del análisis de la composición proximal de la harina de trigo se presentan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Composición proximal de la harina de trigo

COMPONENTE (%)	VALOR
Humedad	13,23 ± 0,14
Proteína	10,47 ± 0,09
Cenizas	1,16 ± 0,013
Grasa	1,45 ± 0,21
Fibra	1,27 ± 0,072
Carbohidratos	72,42

Los resultados mostrados en la tabla 4.1 nos indican que la harina de trigo tenía un porcentaje promedio de 13,23% de humedad, 1,16% de cenizas y 1,27% de fibra, los cuales cumplen con la norma del CODEX ALIMENTARIUS (Harina de trigo) (anexo 2). Así mismo el porcentaje promedio de proteína fue de 10,47 %.

El contenido de cenizas de la harina de trigo se encuentra principalmente en el pericarpio; así que en este producto habrá una pequeña cantidad de cenizas, lo que indica baja contaminación en el proceso de molienda.

4.1.1.2 Análisis colorimétrico de la harina de trigo

Los valores del análisis colorimétrico de la harina de trigo se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Valores colorimétricos de la harina de trigo

HARINA DE TRIGO	VALOR
LUMINOSIDAD	99,04 ± 0,11
a*	0,19 ± 0,07
b*	11,97 ± 0,05
Cromaticidad (C)	12,34 ± 0,03
Ángulo de tonalidad	86,28 ± 0,14

El valor presentado de b* en la tabla 4.2 muestra la tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de compuestos

carotenoides y el valor de a^* una ligera tendencia hacia el color verde.

La variabilidad del color de la harina de trigo se verá afectada por variables como el genotipo del trigo, extracción de la harina, acondicionamiento del grano de trigo antes de la molienda, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de la siembra (Ortolan, 2006).

4.1.1.3 Análisis granulométrico de la harina de trigo

En la tabla 4.3 se muestra los valores del análisis granulométrico de la harina de trigo utilizada en el experimento.

Tabla 4.3: Valores de granulometría de la harina de trigo

NÚMERO DE MALLA	PORCENTAJE DE RETENCIÓN (%)
20	0,56 ± 0,18
40	0,21 ± 0,02
60	19,94 ± 0,09
80	20,54 ± 0,16
100	14,09 ± 0,15
Cernido	7,18 ± 0,13

La tabla 4.3 muestra la distribución de partícula de harina de trigo. Se observa a 54,57% de las partículas se encuentran entre la malla de

60 y 100. Para la harina de trigo, se esperaba encontrar partículas de menor tamaño (malla 20 y 35) lo que indica que el método no puede ser el más adecuado para las partículas finas que tienden a aglomerarse con la vibración de las mallas.

4.1.2. Análisis fisicoquímico de la harina de arracacha

4.1.2.1 Composición proximal

Los valores de la composición proximal de la harina de arracacha se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.4: Composición proximal de la harina de arracacha

COMPONENTE (%)	VALOR
Humedad	14,23 ± 0,07
Proteínas	3,8 ± 0,03
Cenizas	2,19 ± 0,17
Grasa	2,07 ± 0,02
Fibra	3,09 ± 0,09
Carbohidratos	74,62

Los resultados mostrados en la tabla 4.4 nos precisan que la harina de arracacha presenta un porcentaje de 14,23% en humedad, 2,19% de cenizas, 3,8% de proteínas y 3,09% de fibra, valores similares a lo reportado por García *et al.*, (2007).

4.1.2.2 Análisis colorimétrico de la harina de arracacha

En la tabla 4.5 se muestra los resultados del análisis colorimétrico realizado a la harina de arracacha.

Tabla 4.5: Valores del análisis colorimétrico de la harina de arracacha

HARINA DE ARRACACHA	VALOR
Luminosidad (L)	88,16 ± 0,12
a*	1,08 ± 0,09
b*	10,12 ± 0,11
Cromaticidad (C)	10,07 ± 0,03
Ángulo de tonalidad	89,19 ± 0,12

El valor de b* mostrado en la tabla 4.5 indica la tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides y el valor de a* una ligera tendencia al color verde.

La variabilidad del color de la harina de arracacha se verá afectada por las variables de extracción de la harina, condiciones climáticas entre otras (García *et al.*, 2007).

4.1.3. Análisis fisicoquímico de la harina de quinua

4.1.3.1 Composición proximal

Los valores de la composición proximal de la harina de quinua se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.6: Composición proximal de la harina de quinua

COMPONENTE (%)	VALOR
Humedad	13,92 ± 0,06
Proteínas	9,83 ± 0,08
Cenizas	2,17 ± 0,04
Grasa	2,02 ± 0,06
Fibra	2,83 ± 0,10
Carbohidratos	69,23

Los resultados mostrados en la tabla 4.6 nos indican que la harina de quinua presenta un porcentaje de 13,92 % Humedad, 9,83% de proteínas y 2,83% de fibra, valores similares a lo reportado por Collazos *et al.*, (1993).

Según Tapia (1979) la quinua constituye uno de los principales componentes de la dieta alimentaria de la familia de los Andes, fue base nutricional en las principales culturas americanas. Desde el punto de Vista nutricional y alimentario la quinua es la fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales.

4.1.3.2 Análisis colorimétrico de la harina de quinua

En la tabla 4.7 se muestra los resultados del análisis colorimétrico realizado a la harina de quinua.

Tabla 4.7: Valores colorimétricos de la harina de quinua

HARINA DE QUINUA	VALOR
Luminosidad (L)	89,09 ± 0,13
a*	3,34 ± 0,11
b*	13,07 ± 0,09
Cromaticidad (C)	25,66 ± 0,12
Ángulo de tonalidad	88,21 ± 0,15

El valor presentado de b* en la tabla muestra la tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides y el valor de a* una ligera tendencia al color verde.

La variabilidad del color de la harina de quinua se vió afectada por las variables de extracción para su elaboración de harina, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de la siembra.

4.1.4. Computo químico

En la tabla 4.8 se presenta los resultados del cómputo químico realizado a las formulaciones según lo planteado en el estudio de investigación.

Tabla 4.8: Computo químico de las formulaciones del trabajo de investigación

		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	TESTIGO
FORMULACIONES (%)	Harina de trigo	95,5	81,5	88,5	74,5	95	75	90	80	85	85	85	100
	Harina de arracacha	3	17	3	17	0	20	10	10	10	10	10	0
	Harina de quinua	1,5	1,5	8,5	8,5	5	5	0	10	5	5	5	0
SCORE QUÍMICO (%)	Isoleucina	112,3	102,4	116,1	103,4	116,5	102,3	108,1	109,3	108,4	108,4	108,5	115,4
	Leucina	117,5	112,2	117,3	109,3	119,6	107,4	113,3	114,2	113,5	113,5	113,5	119,3
	Lisina	69,2	70,5	68,9	69,2	69,1	69,3	69,1	68,9	68,7	68,8	68,7	68,7
	Metionina + cistina	194,8	182,4	193,4	182,4	194,2	181,2	187,6	189,1	188,9	188,9	188,9	194,5
	Fenilalanina + tirosina	209,7	213,3	211,3	214,3	210,3	215,9	212,4	212,7	213,4	213,5	213,4	209,6
	Treonina	136,4	128,7	133,8	129,5	134,5	128,3	130,8	132,8	132,7	132,7	132,7	133,9
	Triptófano	213,1	247,8	221,6	257,9	203,9	265,4	228,7	241,9	240,1	240,3	240,1	199,4
	Valina	116,3	104,6	115,5	101,7	119,2	98,7	108,3	109,4	109,8	109,8	109,8	118,7
	Histidina	160,9	137,9	161,6	138,4	165,4	132,3	151,2	150,2	149,5	149,5	149,5	165,4

De la evaluación de cómputo químico podemos observar que la Lisina sigue siendo el aminoácido limitante, siendo la formulación F2 (17% de harina de arracacha y 1,5% de harina de quinua) que alcanzó un mayor nivel de aminoácidos, sin embargo este valor no cubre los requerimientos que exige la FAO (70 %) para el aminoácido limitante.

Luego, en los resultados para la determinación de proteína en las formulaciones encontraremos diferencias con los resultados aquí mostrados, particularmente en lo referido a la mejor formulación como se verá más adelante.

4.2. EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE LA CALIDAD DE LOS PANES DE MOLDE

4.2.1 Volumen específico del pan de molde

En la tabla 4.9 se muestra los resultados de la determinación experimental del volumen específico del pan de molde.

Al observar la tabla 4.9, los panes obtuvieron volúmenes que fluctúan entre 4,32 y 5,52 cm³/g, siendo las formulaciones F5 (0% de harina de arracacha y 5% de harina de quinua) y la formulación F8 (3% de harina de arracacha y 1.5% de harina de quinua) las que presentaron mayores volúmenes específicos con 5,41 y 5,34 cm³/g respectivamente

Asimismo se observa que el testigo (que no contiene ninguna de las variables de la formulación), presentó un volumen específico de 5,52

cm³/g y que ninguna de las formulaciones fue mayor en cuanto a esta característica.

Tabla 4.9: Volumen específico de los panes de molde

Formulación	Harina de arracacha (%)	Harina de quinua (%)	Volumen específico (cm ³ /g)
1	3	1,5	4,32
2	17	1,5	4,92
3	3	8,5	4,83
4	17	8,5	4,45
5	0	5	5,41
6	20	5	4,86
7	10	0	4,79
8	10	10	5,34
9	10	5	4,95
10	10	5	4,52
11	10	5	5,08
Testigo	--	--	5,52

Cabe precisar el papel que cumple la proteína del trigo (gluten) que al realizar la sustitución, en las diferentes formulaciones, disminuye la cantidad de gluten presente en la masa y por lo tanto no habrá la capacidad de retener los gases producto de la fermentación y de la cocción. Así es que se obtuvieron los valores más altos para volumen específico en las formulaciones F5 y F8 que tienen un nivel de sustitución menor.

Además se puede observar que hay una aproximación en los valores obtenidos para las formulaciones con condición de punto central lo que indica una buena repetitividad del proceso.

Tabla 4.10: Efectos estimados para volumen específico (cm³/g)

Efecto	Estimado	Error estándar	V.I.F.
Promedio	4,6634	0,193452	
A: Harina de arracacha	- 0,695563	0,334583	1,0
B: Harina de quinua	0,274356	0,335672	1,0
AA	0,564532	0,554387	1,12432
AB	- 0,284983	0,673821	1,0
BB	0,0834926	0,556284	1,12432

Errores estándar basados en el error total con 5 g.l.

La tabla 4.10 nos muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Se puede observar también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1,12432. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 1 ó más normalmente se interpretan como indicativos de confusión entre los efectos.

Tabla 4.11: Análisis de varianza para volumen específico del pan de molde con sustitución parcial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	Razón - F	Valor - p
A: Harina de arracacha	0,473452	1	0,473452	4,35	0,0912
B: Harina de quinua	0,071236	1	0,071236	0,65	0,4723
AA	0,113923	1	0,113923	1,05	0,3739
AB	0,01832	1	0,01832	0,17	0,7107
BB	0,0026456	1	0,0026456	0,024	0,8956
Error total	0,543764	5	0,108752		
Total (corr.)	1,18564	10			

R-cuadrada = 56,3212 %

R-cuadrada (ajustada por g. l.) = 10,5136 %

Error estándar del est. = 0,33415

Error absoluto medio = 0,185436

Estadístico Durbin-Watson = 1,2891 (P=0,1094)

Autocorrelación residual de Lag 1= -0,0055412

Al observar el ANVA de la tabla 4.11 notamos que particiona la variabilidad de volumen específico en piezas separadas para cada uno de los efectos.

Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, ningún efecto tiene un valor-p menor que 0,05, precisándose no hay significancia entre tratamientos evaluados a un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R-Cuadrado refiere que el modelo, así ajustado, explica 56,3212% de la variabilidad en volumen específico. El estadístico R-cuadrado ajustado, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 10,5136%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,33415. El error medio absoluto (MAE) de 0,185436 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5%, esto conlleva a no poder encontrar una gráfica de superficie de respuesta para los efectos estudiados.

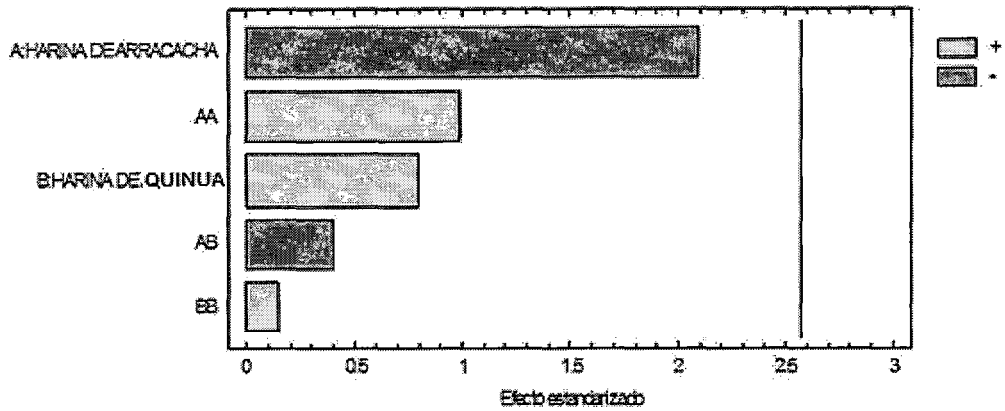


Figura 4.1: Diagrama de Pareto estandarizado para el volumen específico del pan de molde

El diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar. Cualquiera que se extienda más allá de la línea, corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95% de nivel de confianza. En este caso, no hay efectos significativos.

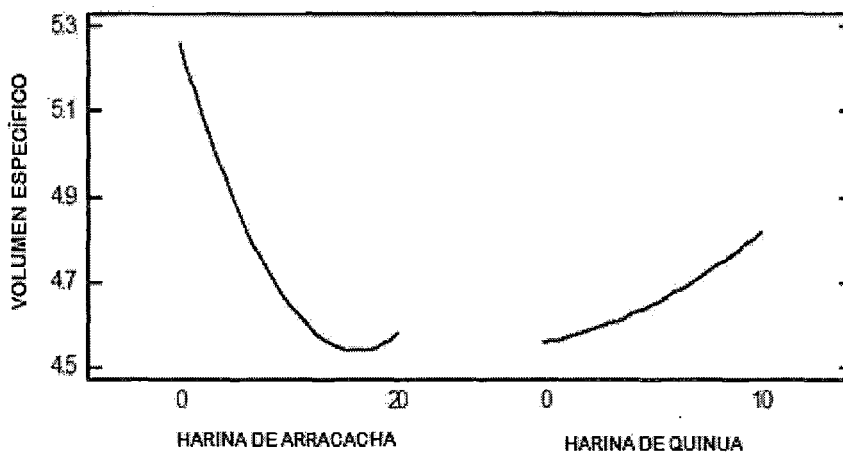


Figura 4.2: Gráfica de los efectos principales para el volumen específico del pan de molde

La gráfica nos muestra el efecto negativo en el volumen específico al incrementarse el nivel de sustitución de harina de arracacha.

León - Villacorta (2010) refieren que al utilizar arracacha en un 40% (como masa pastosa húmeda) en la sustitución de panes el volumen específico de los panes disminuye que cuando se utiliza solo harina de trigo, demostrando que la arracacha dificulta el proceso fermentativo en la masa panaria.

Sin embargo, aparentemente la adición de harina de quinua no tiene el mismo efecto, lo que resulta contradictorio.

4.2.2 Color de miga y corteza del pan de molde

4.2.2.1 Color en la miga

En la tabla 4.12 se muestra los resultados del análisis colorimétrico de la miga del pan de molde, según CIElab.

a) Luminosidad de la miga del pan de molde

De la tabla 4.12 se observa que la luminosidad de la miga del pan de molde varía entre 75,08 y 85,36, siendo las formulaciones F1 (3% de harina de arracacha y 1,5% de harina de quinua) y F4 (17% de harina de arracacha y 8,5% de harina de quinua) las que presentan mayor grado de luminosidad, con 82,13 y 85,36 respectivamente.

La formulación F4 es la que presenta valor de luminosidad más cercano al testigo, cuyo valor asciende a 89,67.

Tabla 4.12: Valores de color CIElab en la miga del pan de molde

Formulaciones	Harina de arracacha	Harina de quinua	L	a*	b*	C*	h°
F1	3	1,5	82,13	-1,721	16,55	15,613	97,212
F2	17	1,5	78,45	-1,542	19,437	22,094	94,109
F3	3	8,5	77, 21	-1,651	17,354	18,172	96,243
F4	17	8,5	85,36	-1,715	16,474	14,925	98,374
F5	0	5	78,19	-1,346	14,609	19,042	95,108
F6	20	5	78,07	-1,675	18,307	18,792	95,623
F7	10	0	77,81	-1,537	17,125	15,782	98,076
F8	10	10	80,22	-1,249	13,561	19,126	95,914
F9	10	5	79,83	-1,486	20,022	18,893	95,839
F10	10	5	75,08	-1,376	18,238	19,725	95,412
F11	10	5	79,03	-1,509	19,430	22,513	94,910
TESTIGO	--	--	89,67	-1,832	13,197	15,312	98,427

b) Cromaticidad de la miga del pan de molde

La cromaticidad varía entre 14,925 y 22,513, siendo las formulaciones F4 (17% de harina de arracacha y 1,5% de harina de quinua) y F11 (10% de harina de arracacha y 5% de harina de quinua) las que presentan mayor grado de cromaticidad, con 22,094 y 22,513 respectivamente.

La formulación F4, con valor de 14,925 es la que presenta valor más cercano al testigo.

c) Ángulo de tonalidad de la miga del pan de molde

El ángulo de tonalidad varía entre 94,109 y 98,374; siendo las formulaciones F7 (10% de harina de arracacha y 0% de harina de quinua) y F4 (17% de harina de arracacha y 8.5% de harina de quinua) las que presentan mayor ángulo de tonalidad, con 98,076 y 98,374 respectivamente.

La formulación F4 (98,374) es la que presenta valor más cercano al testigo (98,427).

4.2.2.2 Color en la corteza

En la tabla 4.13 se muestra los resultados del análisis colorimétrico de la miga del pan de molde, según CIElab.

a) Luminosidad de la corteza del pan de molde

De la tabla 4.13 se observa que la luminosidad de la corteza del pan de molde varía entre 58,303 y 67,211, siendo las formulaciones F7 (10% de harina de arracacha y 0% de harina de quinua) y F4 (17% de harina de arracacha y 8,5% de harina de quinua) las que presentan mayor grado de luminosidad, con 63,796 y 67,211 respectivamente.

La formulación F4 (67,211) es la que presenta valor de luminosidad más cercano al testigo, cuyo valor asciende a 70,295.

Tabla 4.13: Valores de color CIElab en la corteza del pan de molde

Formulaciones	Harina de arracacha (%)	Harina de quinua (%)	L	a*	b*	C*	h°
F1	3	1,5	62,834	14,091	42,140	43,825	75,113
F2	17	1,5	60,738	15,056	41,538	43,687	73,724
F3	3	8,5	61,387	15,738	42,082	44,273	72,681
F4	17	8,5	67,211	12,135	39,217	40,409	76,853
F5	0	5	59,122	16,181	41,122	43,489	72,204
F6	20	5	59,093	13,802	38,677	40,591	74,192
F7	10	0	63,796	13,311	39,562	41,302	75,286
F8	10	10	59,591	15,102	40,719	42,891	73,387
F9	10	5	59,385	15,002	39,576	41,689	72,854
F10	10	5	61,692	13,503	38,491	40,303	74,612
F11	10	5	58,303	15,478	40,203	42,479	72,581
TESTIGO	--	--	70,295	12,098	40,562	41,895	77,308

b) Cromaticidad de la corteza del pan de molde

La cromaticidad varía entre 40,303 y 44,273; siendo las formulaciones F1 (3% de harina de arracacha y 1,5% de harina de quinua) y F (3% de harina de arracacha y 8,5% de harina de quinua) las que presentan mayor grado de cromaticidad, con 43,825 y 44,273 respectivamente.

La formulación F9, con valor de 41,689 es la que presenta valor más cercano al testigo (41,895).

c) Ángulo de tonalidad de la miga del pan de molde

El ángulo de tonalidad varía entre 72,204 y 76,853; siendo las formulaciones F1 (3% de harina de arracacha y 1,5% de harina de quinua) y F4 (17% de harina de arracacha y 8.5% de harina de quinua) las que presentan mayor ángulo de tonalidad, con 75,113 y 76,853 respectivamente.

La formulación F4 (76,853) es la que presenta valor más cercano al testigo (77,308).

4.2.3 Evaluación sensorial

En la figura 4.3 se muestra los resultados de la evaluación sensorial realizada a los estudiantes de los Planteles de Aplicación "Guamán Poma de Ayala" de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

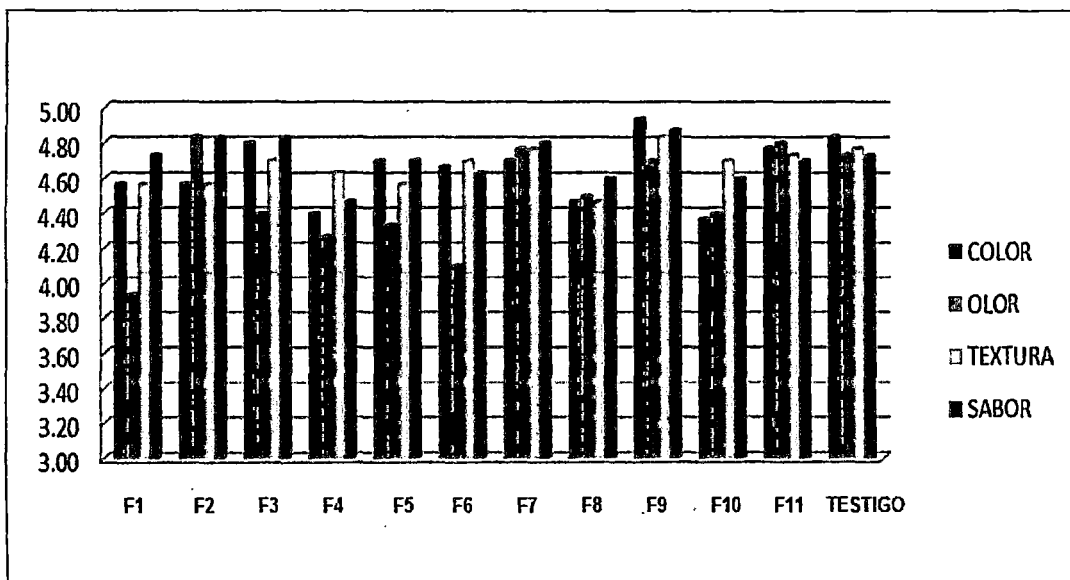


Figura 4.3: Resultados de la evaluación sensorial de las 11 formulaciones y el testigo.

De la figura 4.3, el análisis de las formulaciones en relación al testigo demuestra que, para el atributo **color** se tiene como el de mayor preferencia a la formulación F9 y al de menor preferencia a la formulación F4.

El análisis de las formulaciones en relación al testigo demuestra que, para el atributo **olor** se tiene como mejor aceptación a la formulación F2 y al de menor preferencia a la formulación F1.

El análisis de las formulaciones en relación al testigo demuestra que, para el atributo **textura** se tiene como mayor preferencia a la formulación F9 y al de menor preferencia a la formulación F8.

El análisis de las formulaciones en relación al testigo demuestra que, para el atributo **sabor** se tiene mayor preferencia a la formulación F9 y al de menor preferencia a la formulación F4

En general, de los resultados de análisis sensorial se observa que la formulación F9 es el que tiene mayores puntajes, particularmente en cuanto a color, sabor y textura y en cuanto a olor supera el promedio, seguido de la formulación F2 y F10.

Se aprecia que, a mayores niveles de sustitución también disminuye el nivel de aceptabilidad en todas las características.

León - Villacorta (2010), comprobaron que al sustituir panes con un 40% de harina de arracacha, son ligeramente menos aceptables que aquellos que no fueron sustituidos, esto se debe a que la arracacha hace variar el color característico del pan de molde, y en cuanto al sabor se nota un sabor al tubérculo.

4.2.4 Contenido proteico del pan de molde

En la tabla 4.14 se muestra los valores del contenido de proteína del pan de molde de las diferentes formulaciones y del testigo.

Tabla 4.14: Valores del contenido proteico del pan de molde

Formulación	Harina de arracacha (%)	Harina de quinua (%)	Proteína (%)
F1	3	1,5	12,34
F2	17	1,5	13,55
F3	3	8,5	13,46
F4	17	8,5	12,41
F5	0	5	14,29
F6	20	5	13,22
F7	10	0	13,69
F8	10	10	13,87
F9	10	5	13,12
F10	10	5	12,88
F11	10	5	14,03
Testigo	--	--	12,62

La evaluación del contenido proteico del pan de molde de las formulaciones estudiadas presentó valores que fluctúan entre el 12,34 % y 14,29%, siendo el valor más alto en contenido de proteínas la formulación F5 (0% de harina de arracacha y 5% de harina de quinua) con 14,29%.

Estos resultados también reflejan que, excepto en las formulaciones F1 y F4, la sustitución parcial de harina de arracacha y harina de quinua aumentan el contenido proteico del pan de molde común (testigo). El valor más cercano al patrón de 12,62%, fue la formulación F10, con 12,88%.

En la tabla 4.15 se muestra los valores de los efectos estimados para el contenido proteico del pan de molde con 11 formulaciones y el testigo

Tabla 4.15: Efectos estimados para el contenido proteico (%) del pan de molde

Efecto	Estimado	Error estándar	V.I.F.
Promedio	13,0978	0,32736	
A: Harina de arracacha	- 1,03231	0,55738	1,0
B: Harina de quinua	0,094523	0,66921	1,0
AA	1,31342	1,102533	1,12432
AB	0,39673	1,33428	1,0
BB	-0,26731	1,102365	1,12432

Errores estándar basados en el error total con 5 g.l.

La tabla 4.15 muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo.

Observamos que también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1.102432. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión que sería entre los efectos.

Tabla 4.16: Análisis de varianza para el contenido proteico del pan de molde con sustitución parcial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	Razón - F	Valor - p
A: Harina de arracacha	1,06523	1	1,06523	2,61	0,1812
B: Harina de quinua	0,007328	1	0,007328	0,02	0,9236
AA	0,58392	1	0,58392	1,43	0,3037
AB	0,03721	1	0,03721	0,09	0,7954
BB	0,023712	1	0,023712	0,06	0,8436
Error total	2,04217	5	0,40843		
Total (corr.)	3,93465	10			

R-cuadrado = 49,0765%

R-cuadrado (ajustado por g.l.) = 0 %

Error estándar del estadístico = 0,65471

Error absoluto medio = 0,33216

Estadístico Durbin-Watson = 1,52092 (p=0,1932) Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,12092

En la tabla 4.16, el ANVA particiona la variabilidad del **contenido proteico** en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 0 efectos tienen un valor- p menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95%

El estadístico R-Cuadrado indica que el modelo, así ajustado, explica 49,0765% de la variabilidad en contenido proteico. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 0%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,65471. El error medio absoluto (MAE) de 0,33216 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-p es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

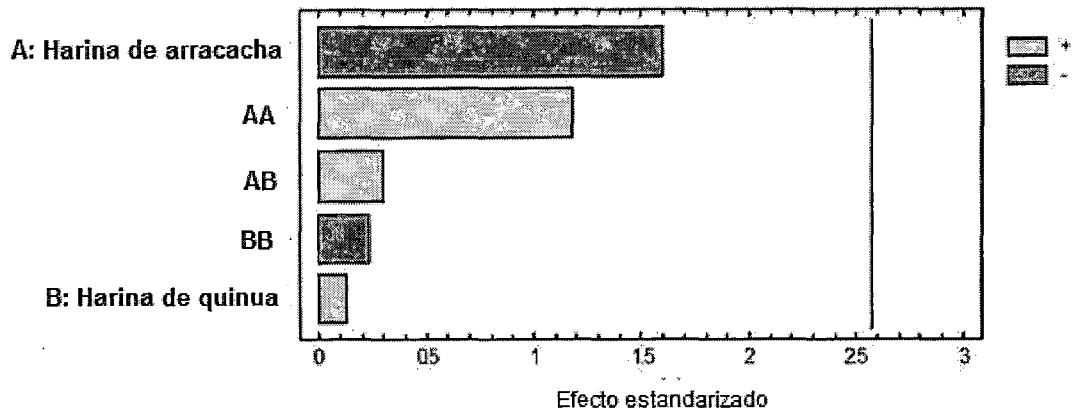


Figura 4.4: Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido proteico

El diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar.

Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95,0% de nivel de confianza. En los contenidos proteicos de las diferentes formulaciones, no hay efectos significativos.

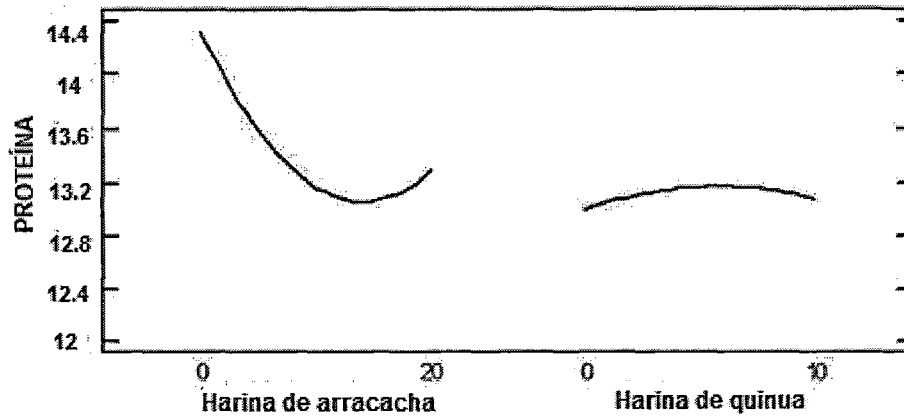


Figura 4.5: Grafica de efectos especiales para contenido proteico

En la figura 4.5 se puede observar el efecto negativo en el contenido proteico que tiene la sustitución con harina de arracacha y el efecto positivo que tiene quinua. Esto corrobora las referencias bibliográficas así como los resultados de los análisis realizados a las muestras de materia prima de las 11 formulaciones.

CONCLUSIONES

1. La sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua tiene efectos beneficiosos en cuanto al incremento en el contenido proteico, en tanto la sustitución con harina de arracacha muestra efectos negativos en el contenido proteico y volumen específico. Sin embargo, es necesario considerar la calidad proteica de la arracacha que tiene un mayor contenido de lisina, aminoácido limitante en el trigo.
2. De acuerdo a la evaluación del contenido proteico y los resultados del análisis sensorial, es la formulación F9 (10% de harina de arracacha y 5% de harina de quinua), la mejor formulación para la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de arracacha y quinua
3. El cómputo químico de las formulaciones arroja que la mejor formulación para la sustitución por harina de arracacha y quinua es la F2 (17% de arracacha y 1,5% de quinua), que mejora en 0,5% la calidad proteica en cuanto a lisina, aminoácido limitante del trigo
4. La evaluación proteica de las formulaciones arrojó valores que fluctúan entre el 12,34% y 14,29%, siendo el valor más alto en contenido de proteínas la formulación F5 (0% de harina de arracacha y 5% de harina de quinua) con 14,29%. Estos resultados también reflejan que, excepto en los casos de las formulaciones F1 y F4 (en las que están los porcentajes más altos para harina de arracacha y los valores más bajos para quinua) la sustitución parcial de harina de arracacha y quinua ha superado en contenido proteico al pan de molde común (testigo).

5. Los resultados de volumen específico demuestran que la formulación F5 (0% de harina de arracacha y 5% de harina de quinua) con 5,41 cm³/g, es la que alcanza un valor más cercano a la muestra patrón. Notándose que, a mayor nivel sustitución por harina de arracacha, disminuye el volumen específico de los panes, en tanto que la harina de quinua no tiene efecto negativo.
6. En la evaluación analítica del color CIELab muestra que la luminosidad en la miga como en la corteza presentan valores más cercanos a la muestra patrón en la formulación F4 (17% harina de arracacha y 8.5% de harina de quinua)

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de elaboración de pan de molde con sustitución de harinas de productos de la región.
2. Utilizar otros software para optimizar la sustitución parcial de harinas en la elaboración de panes.
3. Realizar estudios pero, sin tratar previamente a la arracacha, es decir, sin convertirla en harina, a fin de: evitar la pérdida de nutrientes, facilitar la incorporación de la arracacha en la masa y ahorrar costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alfaro, Gonzalo; Illanes Walker; Vera, Blasco; Tórrez Edwin y Larondelle, Yván. 1999. Obtención de harinas de raíces y tubérculos andinos. En Raíces y tubérculos andinos. Avances de investigación (Tomo I). (pp. 223-241). Centro Internacional de la Papa (CIP) – Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). Lima, Perú: Epígrafe Editores, S. A.
2. Alvarez s., Berra N., Enriquez C., y Parra J. 2004. “Monografía de la harina de trigo”. México.
3. Anzaldúa – Morales. 1994. “La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica”. Primera edición. Editorial Acribia. Zaragoza-España.
4. AOAC. 1995. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th. Washington D.C AOAC.
5. Asmat y León. 1996. “Alimentación en el Perú” Universidad Particular del Pacífico. Centro de Investigación. Lima-Perú.
6. Badui, S.; 1984. Química de los alimentos. Segunda reimpresión Editorial Alhambra-México.
7. Bello, M- Villarán, V. 2004. Educación, reformas y equidad en los países de los andes y cono sur: dos escenarios en el Perú. Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación-UNESCO. Buenos Aires. Argentina.
8. Cabieses, C. 1996. “Estudio de Mezclas Proteicas Provenientes de Leguminosas y Cereales Cultivados en el Perú”. INDDA, Lima Perú.

9. Calaveras, J. 2004. "Nuevo Tratado de panificación y bollería". Segunda edición. Editorial Mundi Prensa Libros S. A. España.
10. Catalá, R. y Gavara, R. 2006. La innovación tecnológica en los envases para alimentos. *Eurocarne*, 145, 49-58.
11. Cepeda-Corchuelo. 1991. Tecnología de cereales y oleaginosas. Primera edición- Unisur. Bogotá-Colombia.
12. Chasquivol, N.; Lengua, L; Delmas, I; Rivera, D; Bazán, D; Aguirre, R; Bravo, L. 2003. Alimentos funcionales o fitoquímicos. Clasificación e importancia. Departamento de Química Analítica, Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
13. Cheftel, C.; Cheftel, H.; 1998. Introducción a la bioquímica y Tecnología de los alimentos. España, Acribia; Vol 1; p.333
14. Collazos, C.; White, P.; Vinas, T.; Albistur, R.; Urquirta, R.; 1993. Composición de los alimentos peruanos. Séptima edición. Ministerio de salud/ Instituto Nacional de Nutrición.
15. Desrosier. N. 1994 Elementos de tecnología de alimentos. Editorial Continental S. A. DE C. V. Primera edición. Décima reimpresión. México.
16. Escobar A., Estévez A., Vásquez D., Castillo V., Araya A. 1992. "Aporte Calórico – Proteico de barras tipo snack, Elaborados con Cereales y Maní". Alimentos N° 3. Volumen 17. Santiago-Chile.
17. FAO. 2000. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. N° 29 ONU. Roma.

18. Fennema, O. 2000. Química de alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, Zaragoza (España). pp. 593, 669, 805, 1191.
19. García, A; Pacheco - Delahaye, E; Tovar, J. y Pérez, E. 2007. Caracterización fisicoquímica y funcional de las harinas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) para sopas instantáneas. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 5(5):384-393.
20. Gomez I. 2011. "La arracacha, un aliado contra el colesterol". Publicación del diario "El Comercio", con fecha junio 19 del 2011. Lima – Perú.
21. Gómez M, Oliete B, Caballero PA, Ronda F, Blanco CA. 2006. Efecto de la cantidad y del tipo de procesado de la almendra sobre las características reológicas de las masas enriquecidas. Actas del Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 262. Córdoba. Argentina.
22. Hermann, M. 1997. M. Hermann and J. Heller (eds). ed. *Arracacha*. (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.). 21. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp. 75-172
23. Hosney. 1991. "Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales". Editorial Acribia. Zaragoza. España.
24. Huayapa, N. 1990. "Elaboración de una mezcla proteica en base a arroz, kiwicha, soya y frutas". Tesis UNA La Molina. Lima. Perú.
25. INEI. 2013. Compendio estadístico. Lima. Perú.
26. Kent M. 1975. Tecnología de cereales. Editorial Acribia. Zaragoza-España.

27. León-Villacorta. 2010. Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*), fortificado. Universidad Cesar Vallejo-Trujillo-Perú.
28. Loayza C. 1978 "Molienda selectiva en seco de leguminosas para la obtención de fracciones ricas en Proteínas" INDDA. Lima.
29. Mesas, J. M.; Alegre, M. T. 2002. El pan y su proceso de elaboración. Ciencia y Tecnología Alimentaria, vol. 3, núm. 5. Reynosa, México.
30. Minolta. 1993. Precise color communication. Manual de colorímetros. MINOLTA.
31. Mujica, M. 1990. La Arracacha en el Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Programa de cultivos andinos. Puno. Perú.
32. Muñoz, C y Guzmán, J. 2010. Una exploración de los factores determinantes del rendimiento escolar en la educación primaria. Centro de estudios educativos. Vol. XL, número 2. México.
33. Noguera, Yamilet y Pacheco de Delahaye, Emperatriz. 2000. Caracterización física, química y sensorial de hojuelas fritas de arracacha. Agronomía Tropical. 50(2):241-252.
34. Odar, R. 2008. La página de la Industria alimentaria. "El crecimiento de los alimentos funcionales". Lima, San Miguel-Perú.
35. Ortolan, F.; 2006. Caracterización de factores relacionados a la alteración de la harina de trigo. Disertación de Maestría en Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Federal de Santa María, Brasil.

36. Pillaca, S. y Villanueva, M. 2015. Evaluación de la seguridad alimentaria y nutricional en familias del distrito de los Morochucos en Ayacucho, Perú. Rev. Perú. Med. Expo. Salud. Vol. 32. Lima. Perú.
37. Quaglia. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación. Segunda edición. Editorial Acribia. España.
38. Repo-Carrasco, R. 1991. Contenido de aminoácidos en algunos granos andinos. En: Avances en Alimentos y Nutrición Humana. Programa de Alimentos Enriquecidos. Universidad Nacional Agraria La Molina.
39. Repo-Carrasco, R.; Espinoza, C. and Jacobsen, S.-E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. 19(1-2):179-189.
40. Risi, J. 1997. La quinua: actualidad y perspectivas. In: Taller sobre desarrollo sostenible de la quinua. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA, Camara de Exportadores. La Paz, Bolivia. 21 de noviembre de 1997.
41. Ritva, Repo, 1998. Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos, Lima Perú.
42. Rodríguez, L. 2011. Elaboración de pan de molde enriquecido con harina de plátano. Informe de prácticas Pre profesionales para optar el grado de Bachiller en Ingeniería Agroindustrial. UNT. Trujillo. Perú.
43. Rodríguez Pin, E., Rodríguez Pin, M. y Riera Rodríguez, F. 2003. Envases y embalajes plásticos alimentarios. *Alimentación, equipos y tecnología*. 176, 52-63.

44. Rojas, W., M. Pinto y JL. Soto. 2010. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, JL. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersity International, Roma, Italia. pp 11- 23
45. Sánchez, I. 2006. Raíces andinas, Contribución al Conocimiento y a la Capacitación. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) Caracterización y Conservación de Germoplasma. Universidad Nacional de Cajamarca.
46. Santos, F. 1998. Producción de arracacha en Brasil (de siembra a venta). Tecnología para el manejo cultural. Ponencia en II Curso Taller Internacional Sobre Raíces Andinas. Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa. Consorcio Para el Desarrollo de la Ecorregión Andina. 16-21 de Noviembre de 1998. Cajamarca-Perú.
47. Scade J. y García J. 1981. CEREALES. Editorial Acribia. España.
48. Shewry, P. R., and Halford, N. G. 2002 Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. Journal of Experimental Botany, 53: 947-958.
49. Tapia, M. 1979 La Quinua y Kañiwa, granos andinos, IICA-CIID, Bogota, Colombia

PAGINAS WEB

- www.botanical-online.com/arracacha
- es.wikipedia.org/arracacha
- <http://www.euf.org/sp/food/pag/food32/food324.htm>

- [/es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa](https://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa)
- www.bdigital.unal.edu.co/arracacia_xanthorrhiza
- www.prodiversitas.bioetica.org

ANEXOS






ANEXO 1

FORMATO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Evaluación sensorial para el pan de molde






Edad:..... Sexo: Fecha:

Las calificaciones para los parámetros de evaluación del siguiente producto están en una escala cuantitativa del 1 al 5, donde:






- (5)  =Muy agradable (4)  =Agradable (3)  =Regular
(2)  =Desagradable (1)  =Muy Desagradable

Marque con un aspa el número de calificativo que a su criterio merezca el producto, según sea el parámetro evaluado.






COLOR:

5 	4 	3 	2 	1 
---	---	---	---	---






OLOR:

5 	4 	3 	2 	1 
---	---	---	---	---

TEXTURA:

5 	4 	3 	2 	1 
---	---	---	---	---

SABOR:

5 	4 	3 	2 	1 
---	---	---	---	---

ANEXO 2

NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE TRIGO

CODEX STAN 152-1985

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

- 1.1 La presente Norma se aplica a la harina de trigo para el consumo humano, elaborada con trigo común, *Triticum aestivum* L. o con trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos, que ha sido preenvasada y está lista para la venta al consumidor o está destinada para utilizarla en la elaboración de otros productos alimenticios.
- 1.2 No se aplica:
- a ningún producto elaborado con trigo duro, *Triticum durum* Desf., solamente o en combinación con otros trigos;
 - a la harina integral, a la harina o sémola de trigo entero, a la harina fina de trigo común *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos;
 - a la harina de trigo destinada a utilizarse como aditivo en la elaboración de la cerveza o para la elaboración del almidón y/o el gluten;
 - a la harina de trigo destinada a la industria no alimentaria;
 - a las harinas cuyo contenido de proteínas se haya reducido o a las que, después del proceso de molienda, hayan sido sometidas a un tratamiento especial que no sea el de secado o blanqueado, y/o a las cuales se les hayan agregado otros ingredientes distintos de los mencionados en las secciones 3.2.2 y 4.

2. DESCRIPCIÓN

2.1 Definición del producto

Por harina de trigo se entiende el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

3. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

3.1 Factores de calidad – generales

- 3.1.1 La harina de trigo, así como todos los ingredientes que se agreguen, deberán ser inocuos y apropiados para el consumo humano.
- 3.1.2 La harina de trigo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
- 3.1.3 La harina de trigo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos), en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

3.2 Factores de calidad – específicos

3.2.1 Contenido de humedad 15,5 % m/m máximo

Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

3.2.2 Ingredientes facultativos

Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:

- productos malteados con actividad enzimática, fabricado con trigo, centeno o cebada;
- gluten vital de trigo;
- harina de soja y harina de leguminosas.

4. ADITIVOS ALIMENTARIOS

4.1 Enzimas		Nivel máximo en el producto terminado
4.1.1	Amilasa fúngica de <i>Aspergillus niger</i>	BPF
4.1.2	Amilasa fúngica de <i>Aspergillus oryzae</i>	BPF
4.1.3	Enzima proteolítica de <i>Bacillus subtilis</i>	BPF
4.1.4	Enzima proteolítica de <i>Aspergillus oryzae</i>	BPF
4.2 Agentes para el tratamiento de las harinas		Nivel máximo en el producto terminado
4.2.1	Ácido ascórbico L. y sus sales de sodio y potasio	300 mg/kg
4.2.2	Hidrocloruro de L.-cisteína	90 mg/kg
4.2.3	Dióxido de azufre (en harinas utilizadas únicamente para la fabricación de bizcochos y pastas)	200 mg/kg
4.2.4	Fosfato monocalcico	2 500 mg/kg
4.2.5	Lecitina	2 000 mg/kg
4.2.6	Cloro en tortas de alto porcentaje	2 500 mg/kg
4.2.7	Dióxido de cloro para productos de panadería crecidos con levadura	30 mg/kg
4.2.8	Peróxido benzofílico	60 mg/kg
4.2.9	Azodicarbonamida para pan con levadura	45 mg/kg

5. CONTAMINANTES

5.1 Metales pesados

La Harina de trigo deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

5.2 Residuos de plaguicidas

La harina de trigo se deberá ajustar a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

5.3 Micotoxinas

La harina de trigo deberá ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

6. HIGIENE

- 6.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de esta Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del *Código Internacional de Prácticas Recomendado – Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969)* y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.
- 6.2 En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.
- 6.3 Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:
- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
 - deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y
 - no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

7. ENVASADO

- 7.1 La harina de trigo deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.
- 7.2 Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.
- 7.3 Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

8. ETIQUETADO

Además de los requisitos de la *Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

8.1 Nombre del producto

8.1.1 El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será "harina de trigo".

8.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañan, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

9. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

Véase textos relevantes del Codex sobre métodos de análisis y muestreo.

APÉNDICE

En los casos en que figure más de un límite de factor y/o método de análisis se recomienda encarecidamente a los usuarios que especifiquen el límite y método de análisis apropiados.

CENIZA	A gusto del comprador	AOAC 923.03 ISO 2171:1980 Método ISO No. 4544 (1980)
ACIDEZ DE LA GRASA	Máx. 70 mg por 100 g de harina respecto a la materia seca expresada como ácido sulfúrico - o - Se necesitará no más de 50 mg de hidróxido de	Método ISO 7305 (1988) - o - AOAC 939.05
PROTEÍNA (N x 5,7)	Min. 7,0 % referido al peso del producto seco	ICC 105/1 - Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos a base de cereales para alimentos de consumo humano y piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (Método del Tipo I)
SUSTANCIAS NUTRITIVAS .. vitaminas .. minerales	De conformidad con la legislación del país en que se vende el producto	No se ha definido ningún método
TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (GRANULOSIDAD)	El 98 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras	AOAC 965.22

