



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE PAN
CON HARINA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)”**

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

PRESENTADO POR

MÓNICA ALEXANDRA PILATAXI YUPA

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

DEDICATORIA

Esta tesis es una parte de mi vida y comienzo de otras etapas por esto y más, la dedico a Dios por darme la vida, a mi hija Evelyn por ser mi fuerza y templanza, a mis padres por su amor, confianza y apoyo incondicional y a mi esposo por su ayuda y comprensión.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi amigo fiel y guía en mi camino, por obsequiarme la vida y permitirme culminar mi carrera universitaria.

A mis padres y hermanos por ser los pilares fundamentales de mi vida, por su esfuerzo, dedicación y apoyo que me dieron a lo largo de mi carrera, a mi hija y esposo quienes han sido mi inspiración para seguir adelante.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su aporte académico en mi formación profesional, que ha sido de gran utilidad para poder desempeñarme de la mejor manera durante la realización de la presente tesis de grado.

A la Ing. Paola Arguello por su valiosa colaboración y asesoramiento en la dirección de la presente Tesis.

A la Dra. Olga Lucero y al Dr. Carlos Pilamunga Miembros del Tribunal de Tesis por el gran aporte brindado en la elaboración del trabajo.

Y a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE PAN CON HARINA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)”**, de responsabilidad de la señorita egresada Mónica Alexandra Pilataxi Yupa, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez DECANO FACULTAD CIENCIAS	_____	_____
Dr. Iván Ramos DIRECTOR DE ESCUELA BIOQUÍMICA Y FARMACIA	_____	_____
Ing. Paola Arguello DIRECTORA DE TESIS	_____	_____
Dra. Olga Lucero MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	_____
Dr. Carlos Pilamunga MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	_____
Tlgo. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE TESIS ESCRITA	_____	

Yo, Mónica Alexandra Pilataxi Yupa, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

MÓNICA ALEXANDRA PILATAXI YUPA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

%	Porcentaje
µm	Micrómetros
AOAC	Association of Official Analytical Chemist Asociación de Químicos Analíticos Oficiales
a _w	Actividad de agua
°C	Grados Centígrados
EE.UU	Estados Unidos
FUFOSE	Functional Food Science in Europe Comisión Europea de Acción Concertada sobre Bromatología Funcional en Europa
g	Gramos
h	Hora
HPLC	High Performance Liquid Chromatography Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia
HR	Humedad relativa
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
Kg	Kilogramo
Kg/ha	Kilogramos por hectárea
KJ/100g	Kilojoule / 100 gramos
L	Litro
m/m	Relación masa/masa
Máx	Máximo
mg	Miligramo
mg/Kg	Miligramos/kilogramos
Mín	Mínimo
Min	Minuto
mL	Mililitro
N	Nitrógeno
N/10	Normalidad/10
NASA	National Aeronautics and Space Administration Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
nm	Nanómetros
Nº	Número
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
OMS	Organización Mundial de la Salud
p.a	Puro para análisis
PER	Ratio eficiente proteico
pH	Potencial de hidrógeno
spp	Especies
U.F.C	Unidades Formadoras de Colonias
UFC/g	Unidades Formadoras de Colonias/gramo
UV	Ultravioleta

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
ÍNDICE DE CUADROS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
INTRODUCCIÓN	

1	MARCO TEÓRICO.....	1
1.1	El amaranto (<i>Amaranthus Caudatus</i>).....	1
1.1.1	Cultivo y características.....	1
1.1.2	Origen y descripción botánica.....	2
1.1.3	Clasificación taxonómica.....	3
1.1.4	Producción en el Ecuador.....	4
1.1.5	Posibilidades de uso.....	5
1.1.6	Valor nutricional y nutracéutico.....	6
1.1.7	Grano reventado.....	9
1.1.8	Harina de amaranto.....	10
1.2	Pan.....	11
1.2.1	Historia.....	11
1.2.2	Definición.....	13
1.2.3	Ingredientes.....	14
1.2.3.1	Harina.....	14
1.2.3.2	Agua.....	18
1.2.3.3	Levadura.....	20
1.2.3.4	Sal.....	21
1.2.3.5	Azúcar.....	22
1.2.3.6	Grasas (manteca).....	22
1.2.3.7	Aditivos autorizados.....	23
1.2.4	Elaboración.....	25
1.2.5	Fases y bioquímica de la panificación.....	27
1.2.5.1	Mezclado y amasado.....	27
1.2.5.2	Fermentación.....	28
1.2.5.3	Cortado, boleado, reposo y segunda fermentación.....	28
1.2.5.4	Cocción.....	29
1.2.5.5	Enfriamiento del pan.....	30
1.2.5.6	Envejecimiento.....	30
1.2.5.7	Retrogradación del almidón.....	31
1.2.5.8	Almacenamiento.....	32
1.2.6	Pan y salud.....	33
1.2.7	Pan y nutrición.....	34
1.3	Alimentos nutracéuticos.....	35

1.3.1	Definiciones.....	36
1.3.2	Características.....	37
1.3.3	Algunos objetivos.....	37
1.4	Componentes nutracéuticos.....	38
1.4.1	Definición.....	38
1.5	Valor nutritivo.....	41
1.5.1	Definición.....	41
1.5.2	Clasificación de los alimentos.....	41
1.6	Análisis proximal y/o bromatológico.....	42
1.6.1	Objetivos.....	42
1.6.2	Determinación de humedad.....	42
1.6.3	Determinación de cenizas.....	43
1.6.4	Determinación de fibra.....	44
1.6.5	Determinación de proteína.....	44
1.6.6	Extracto etéreo.....	45
1.6.7	Extracto libre no nitrogenado.....	45
1.6.8	pH.....	45
1.7	Métodos espectrofotométricos.....	46
1.7.1	Espectroscopia de absorción atómica.....	46
1.8	Evaluación sensorial.....	47
1.9	Pruebas afectivas o hedónica.....	48
1.10	Atributos sensoriales.....	49
1.10.1	Gusto y sabor.....	49
1.10.2	Aroma y olor.....	49
1.10.3	Color y apariencia.....	50
1.10.4	Textura.....	50
1.10.5	Audición y ruidos.....	50
1.11	Análisis microbiológico.....	51
1.11.1	Mohos y levaduras.....	51
1.11.2	Coliformes totales.....	52
1.11.3	Aerobios mesófilos.....	53
1.12	Pruebas estadísticas.....	54
1.12.1	Análisis de varianza ANOVA.....	54
1.12.1.1	Bases del análisis de la varianza.....	55
1.12.1.2	Modelos de análisis de la varianza.....	56
2	PARTE EXPERIMENTAL.....	58
2.1	Lugar de investigación.....	58
2.2	Personas encuestadas.....	58
2.3	Materiales, equipos y reactivos.....	59
2.3.1	Materia prima.....	59
2.3.2	Materiales.....	59
2.3.3	Equipos.....	61
2.3.4	Reactivos.....	61
2.3.5	Medios de cultivo.....	62
2.4	Métodos.....	62
2.4.1	Fase experimental.....	62
2.4.1.1	Proceso para la obtención de harina de amaranto estallado.....	62

2.4.1.2	Proceso de elaboración de pan con el 10%, 15% y 20% de harina de amaranto estallado.....	63
2.4.1.3	Pruebas de aceptación.....	66
2.4.1.4	Análisis del valor nutritivo del pan con mayor aceptabilidad y del pan testigo.....	67
	Determinación del pH.....	67
	Determinación de humedad.....	68
	Determinación de cenizas.....	69
	Determinación de grasa o extracto etéreo.....	70
	Determinación de proteína.....	71
	Extracto libre no nitrogenado.....	73
2.4.1.5	Análisis del valor nutracéutico del pan con mayor aceptabilidad y del pan testigo.....	73
	Determinación de fibra.....	73
	Determinación del calcio.....	75
2.4.1.6	Análisis microbiológico del pan con mayor aceptabilidad.....	76
	Determinación de hongos (mohos y levaduras).....	76
	Determinación de coliformes totales.....	77
	Determinación de microorganismos aerobios mesófilos.....	78
2.4.2	Análisis estadístico.....	79
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	80
3.1	Resultados de la degustación dentro de la evaluación nutritiva y nutracéutica de pan elaborado con harina de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>).....	80
3.2	Evaluación de composición nutritiva de pan elaborado con harina de amaranto... (<i>Amaranthus caudatus</i>).....	82
3.2.1	pH.....	83
3.2.2	Contenido de humedad.....	84
3.2.3	Contenido de cenizas.....	84
3.2.4	Contenido de extracto etéreo.....	85
3.2.5	Contenido de proteína.....	85
3.2.6	Contenido de extracto libre no nitrogenado.....	86
3.3	Evaluación de composición nutracéutica de pan elaborado con harina de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>).....	86
3.3.1	Contenido de fibra.....	87
3.3.2	Contenido de calcio.....	87
3.4	Evaluación microbiológica de pan elaborado con harina de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>).....	88
4	CONCLUSIONES.....	90
5	RECOMENDACIONES.....	91
6	RESUMEN.....	92
	SUMARY.....	93
7	BIBLIOGRAFÍA.....	94
8	ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1	Resultado de la evaluación sensorial de las tres formulaciones de pan de amaranto.....	81
CUADRO N° 2	Promedio de calificación de las características externas e internas de 8 panes de la formulación C.....	82
CUADRO N° 3	Resultado promedio y desviación estándar del contenido nutricional en muestras estudiadas.....	83
CUADRO N° 4	Resultado del contenido de fibra y calcio.....	88
CUADRO N° 5	Resultado del análisis microbiológico.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1	Taxonomía del Amaranto.....	3
TABLA N° 2	Valor nutritivo del amaranto y otros granos de uso común, datos expresados en base seca.....	9
TABLA N° 3	Sustancias de fortificación.....	17
TABLA N° 4	Requisitos físicos y químicos de la harina de trigo.....	17
TABLA N° 5	Requisitos microbiológicos de la harina de trigo.....	18
TABLA N° 6	Composición de algunos panes.....	35
TABLA N° 7	Resultados de un ANOVA.....	56
TABLA N° 8	Ingredientes para la elaboración de las 3 formulaciones y pan testigo en relación a 1 kg.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1	Diferentes formas de utilización del amaranto.....	5
FIGURA N° 2	Escenas de elaboración de pan en la tumba de Ramsés III-Egipto.....	11
FIGURA N° 3	Diagrama de flujo para la elaboración de pan.....	26
FIGURA N° 4	Interpretación esquemática del envejecimiento del pan: Modificaciones de la amilosa y de la amilopectina.....	31

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N° 1	Planta de amaranto.....	1
FOTOGRAFÍA N° 2	Amaranto reventado.....	9
FOTOGRAFÍA N° 3	Pan blanco (pan de harina de trigo) con su corte exterior característico.....	13
FOTOGRAFÍA N° 4	Harina de trigo.....	14
FOTOGRAFÍA N° 5	El agua.....	18
FOTOGRAFÍA N° 6	Cubos de levadura fresca.....	20
FOTOGRAFÍA N° 7	Alimentos nutracéuticos (la mantequilla y los huevos)....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1	Modelo de la ficha de encuesta para el test de degustación y evaluación sensorial.....	105
ANEXO N° 2	Modelo de la ficha de encuesta para el test de degustación y evaluación sensorial para la valoración numérica.....	106
ANEXO N° 3	Requisitos microbiológicos de NTE INEN 2 085 primera revisión: galletas – requisitos.....	107
ANEXO N° 4	Fotografías de elaboración de pan con 20% de harina de amaranto a nivel de laboratorio.....	107
ANEXO N° 5	Fotografías de la evaluación sensorial.....	109
ANEXO N° 6	Fotografías de análisis nutritivo.....	109
ANEXO N° 7	Fotografías de análisis nutracéutico.....	111
ANEXO N° 8	Fotografías de análisis microbiológico.....	112
ANEXO N° 9	Informe de resultados de determinación de calcio en pan con 20% de harina de amaranto.....	113

INTRODUCCIÓN

El pan es el principal componente de la dieta de la mayoría de la población humana, de la cual más de la mitad consume pan a base de trigo. Actualmente hay una tendencia a consumir productos de panadería y pastelería elaborados a base de harina blanca de trigo o refinada que tiene un menor valor nutritivo.

Se ha estimado que alrededor de dos millones de personas en el mundo sufren de diferentes formas de deficiencias nutricionales, especialmente en países en vías de desarrollo donde se limita la diversidad alimentaria. En Ecuador según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC 2011) casi 371.000 niños menores de cinco años están con desnutrición crónica; y de ese total, unos 90.000 la tienen grave. Los niños indígenas, siendo únicamente el 10% de la población, constituyen el 20% de los niños con desnutrición crónica y el 28% de los niños con desnutrición crónica grave. Los niños mestizos representan, respectivamente, el 72% y el 5% del total. El 60% de los niños con desnutrición crónica y el 71 % de los niños con desnutrición crónica grave, habitan en las áreas rurales (aunque la población rural es tan solo el 45 % del total poblacional del Ecuador). Las provincias de la Sierra que presentan valores más altos de desnutrición son: Tungurahua, Bolívar, Cañar, y Chimborazo, en las cuales cerca del 40% de los niños están clasificados con desnutrición crónica, y el 10% están clasificados con desnutrición crónica severa. (49) (50)

Por esto, muchas organizaciones internacionales de nutrición han participado para superar estas deficiencias a través de programas de educación nutricional, alimentación suplementaria y el desarrollo de variedades de plantas superiores en cuanto a su contenido nutricional.

Un mecanismo muy utilizado en los países desarrollados para mejorar la calidad nutricional es la fortificación de alimentos, muchos estudios se han realizado sobre las

posibilidades de mejorar el valor nutritivo del pan de trigo, complementándola con ingredientes naturales. Los investigadores recomiendan la adición de salvado de trigo, grano entero de trigo, mezclas de diferentes semillas, granos de otros cereales tales como avena, centeno y cebada, frutos secos o bacterias probióticas y/o prebióticas para mejorar el valor nutricional de los distintos productos de trigo. (21)

Una de las posibilidades podría ser la incorporación de granos estallados de amaranto a productos de panadería o pastelería, según Bodroža-Solarov *et al.* (Servia-2008). (21)

Las especies del amaranto son nativas de México y América Central, el grano es el producto alimenticio muy valioso y que había sido un cultivo básico para las primeras civilizaciones de América. El grano contiene altos niveles de grasa y fibra dietética en comparación con los granos de cereales convencionales. La proteína del grano de amaranto es rica en lisina, el cual generalmente es deficiente en los granos de cereales. El grano de amaranto contiene altas cantidades de minerales, especialmente calcio y magnesio. El grano contiene de 6 a 10% de aceite que se encuentra principalmente en el germen, que es rico en aceites insaturados (76%), especialmente en ácido linoléico, además se ha encontrado que el aceite de amaranto contiene una mayor cantidad de escualeno, isoprenoides que otros aceites vegetales comunes. (24) (56)

El procesamiento térmico del grano (cocinar, hacer estallar) hace inactivo a los antinutrientes lábiles al calor. El hacer estalla el grano produce un aumento óptimo en el ratio eficiente proteico (PER) y una pérdida mínima del contenido de lisina disponible. (21)

La singular composición nutritiva del grano de amaranto lo hace atractivo para su uso en la mezcla como fuente de alimento para aumentar el valor biológico de los alimentos procesados, por ello el objetivo fundamental de esta investigación fue “Elaborar y evaluar el valor nutritivo y nutracéutico del pan con harina de amaranto”. Para este fin se elaboró panes con tres formulaciones: 10%, 15% y 20% (harina de granos estallados de amaranto), para posteriormente mediante evaluación sensorial determinar la formulación de pan con mayor grado de aceptabilidad, la cual se analizó el valor nutritivo y

nutracéutico frente a un pan testigo (con 100% de harina de trigo) y así establecer su calidad.

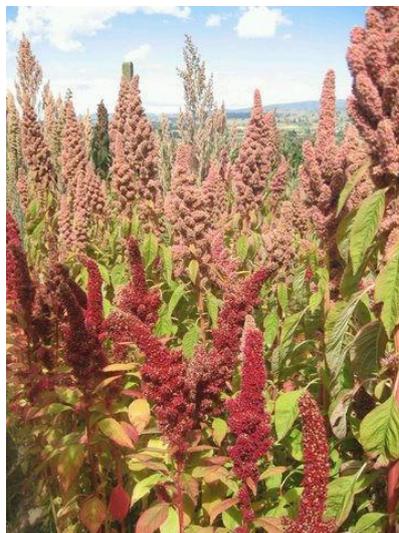
Este trabajo permitió comprobar que el pan elaborado con el 20% de harina de amaranto estallado, es el de mayor aceptabilidad, el mismo que presentó mejor valor nutritivo y nutracéutico que el pan de harina de trigo.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 EL AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)

1.1.1 CULTIVO Y CARACTERÍSTICAS



FOTOGRAFÍA Nº 1. PLANTA DE AMARANTO

El grano de amaranto contiene alrededor del 17% de proteínas. Si su harina se mezcla con la de trigo, produce un pan de elevado valor nutricional, con los aminoácidos casi perfectamente equilibrados. Además, pueden también consumirse directamente las hojas verdes. Los cultivares de granos oscuros sólo se usan para elaborar piensos.

Recientemente se ha producido un interés por su cultivo en EE.UU; tras algunos años de trabajo de han conseguido crear híbridos capaces de producir hasta 4.000 Kg/ha. (9)

La planta de amaranto es muy resistente a diferentes condiciones climáticas, como el frío y la sequía, y crece incluso en suelos pobres, hasta salinos capaz de convertir estos suelos secos y salinos nuevamente en tierras fértiles, también para otros cultivos. Esta cualidad adicional hace de ella una excelente alternativa para regiones con dificultades para la siembra de otro tipo de cereales. Puede crecer desde los 0 hasta los 3000 metros de altura sobre el nivel del mar como se observa en la fotografía N° 1. (10) (25)

El ciclo vegetativo del amaranto tiene un promedio de 180 días, desde que germina hasta que la semilla alcanza su madurez. (25)

1.1.2 ORIGEN Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El amaranto de grano se domesticó en América hace más de 7.000 años por culturas precolombinas y de allí posiblemente se difundió a otras partes del mundo. Fue cultivada y utilizada junto al maíz, frijol y calabaza por los Aztecas en el valle de México, por los Mayas en Guatemala y por los Incas en Sudamérica tanto en Perú, Bolivia como Ecuador junto a la papa, maíz y quinua. (24) (52)

Los tipos domesticados se diferencian de los silvestres en que, en lugar de tener el grano marrón oscuro, lo tienen claro. Este amaranto de granos claros se ha encontrado en trabajos arqueológicos llevados a cabo en Tehuacán y Puebla (México) y se ha datado seis mil años atrás. Los españoles identificaron su cultivo con prácticas paganas. A causa de ello, después de conquistar México en 1521, Hernán Cortés prohibió su cultivo. El interés por la especie comenzó a incrementarse cuando la planta apareció en India y África, donde se ha convertido en una importante fuente alimenticia. (9)

El amaranto es una planta que pertenece a la familia de los amarantaceas y al género *Amaranthus*. Su nombre científico es *Amaranthus* spp. (9)

El género *Amaranthus* contiene más de 70 especies, de las cuales la mayoría son nativas de América y sólo 15 especies provienen de Europa, Asia, África y Australia. Unas se

utilizan par tintura, otras para producir granos y a algunas se les da usos ornamentales.
(9) (37) (40)

Actualmente existen tres especies de amaranto para producir grano y que, a su vez, son las más apreciadas:

- *Amaranthus caudatus*: la distribución se encontraba dirigida a la zona andina sudamericana, ahora se comercializa como planta de ornato, principalmente en Europa y Norteamérica.
- *Amaranthus cruentus*: En tiempos precolombinos se encontraba desde el Norte de México a América Central, actualmente se cultiva para obtener grano y también se consume como vegetal.
- *Amaranthus hypochondriacus*: compartía su distribución con *A. cruentus* sólo que esta comenzaba en el sud-oeste de Estados Unidos hasta la parte central de México, hoy se cultiva para obtener grano. (9) (38) (40)

1.1.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

En la tabla N° 1 observamos la taxonomía del amaranto (*Amaranthus caudatus*):

TABLA N° 1. TAXONOMÍA DEL AMARANTO

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Género	<i>Amaranthus</i>
Especies	<i>Amaranthus caudatus</i> <i>Amaranthus cruentus</i> <i>Amaranthus hypochondriacus</i>

FUENTE: FIGUEROA, J., ROMERO, A. EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE CATORCE ACCESIONES DE AMARANTO (*Amaranthus ssp*) EN EL CANTÓN CALUMA, PROVINCIA BOLÍVAR. 2008.

A la planta de amaranto se conoce como la “planta inmarcesible”, que no se marchita, pero dependiendo de la región, país o presentación del producto (planta o dulce, etc.) recibe las siguientes denominaciones y nombres vulgares: Amaranto (español); Amaranth (inglés), Kiwicha (Cusco, Perú), Achita (Ayacucho, Perú), Coyo (Cajamarca, Perú), Achis (Huaraz, Perú), Coimi, Millmi e Inca pachaqui o grano inca (Bolivia), Sangorache, Ataco, Quinoa de Castilla (Ecuador), Alegría, Bledo y Huanthi (México), Rejgira, Ramdana, Eerai (India). (25) (40)

1.1.4 PRODUCCIÓN EN EL ECUADOR

La planta de amaranto en el Ecuador, tiene muy buenas perspectivas. A diferencia de la harina de trigo, la harina de Amaranto no tiene gluten, lo que la convierte en apta para celíacos y el porcentaje de proteínas, calcio y fibra dietario es considerablemente mayor. Con el auge de los alimentos funcionales, claramente este es un cultivo que tiene buenas proyecciones para el país. Es entonces que hace 20 años se introdujo en el país la semilla de amaranto blanco traída desde México donde se ha desarrollado el cultivo. (40)

La semilla empezó a sembrarse en los valles de la provincia de Pichincha (Tumbaco, Guayllabamba y Puenbo), con una altura aproximada de 2000 a 2800 metros, características importantes para el desarrollo de la planta. (40)

Además del amaranto blanco existe también el negro o híbrido, pero el de mayor demanda es el amaranto blanco. En 1994 en el Ecuador se liberó la semilla de amaranto blanco o alegría por el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Según datos de INIAP la producción es muy incipiente ya que solo 15 hectáreas son sembradas actualmente mientras que 80.000 hectáreas son aptas para sembrar en la Sierra y Costa a nivel nacional en el futuro. Por la falta de inversión para la investigación y promoción de la semilla son muy pocos los intereses en cultivarlo. (40)

En la provincia de Chimborazo la Corporación de Productores Orgánicos Bio Taita Chimborazo cultiva amaranto con el apoyo de la Fundación de Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador (ERPE), teniendo 2800 productores y 10 hectáreas sembradas.

Este es uno de los proyectos más grandes que se desarrolla en la provincia con el apoyo de dicha fundación. En el año 2009, empezó los pedidos de Alemania y otros países Europeos. La cosecha en Chimborazo empezó. Los agricultores esperan obtener una mayor producción. (40)

1.1.5 POSIBILIDADES DE USO

En la figura N° 1 se muestra la posibilidad de uso, en la actualidad es aprovechada casi toda la planta del amaranto: las hojas, las semillas y los tallos tiernos. (24)

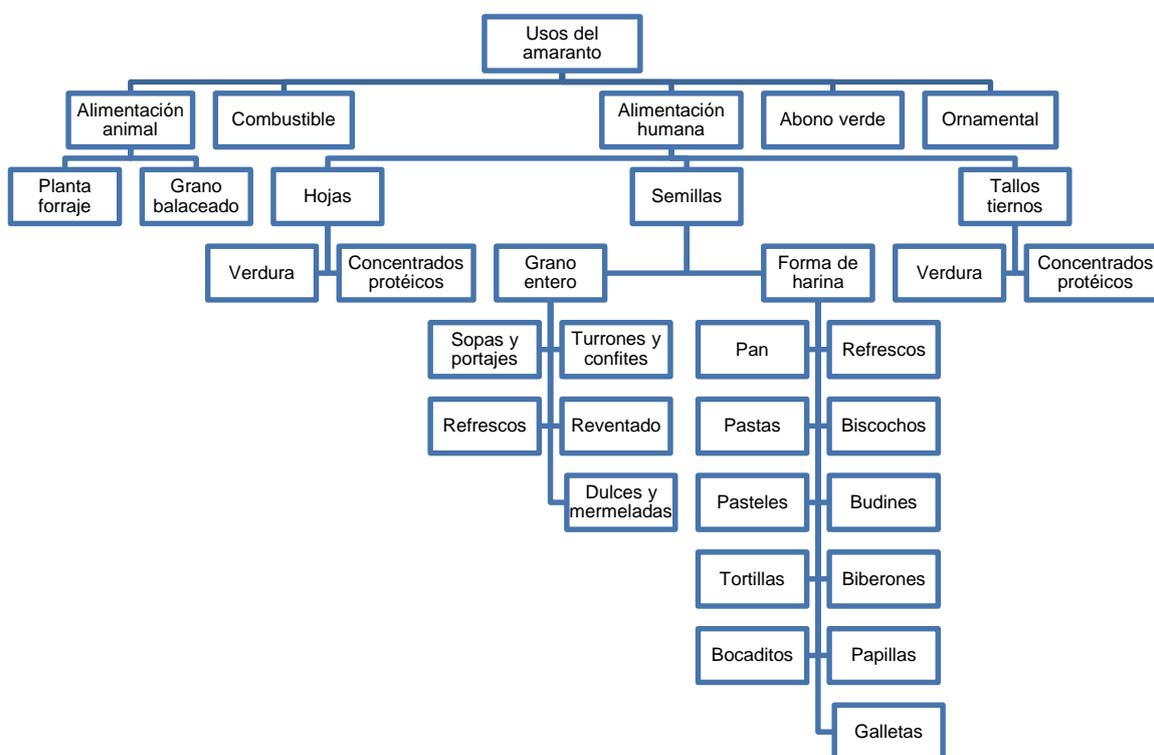


FIGURA N° 1. DIFERENTES FORMAS DE UTILIZACIÓN DEL AMARANTO

Tiene además, un prometedor potencial en la industria alimenticia misma, en elaboración de cosméticos, en colorantes y hasta para producir plásticos biodegradables. (24) (52)

1.1.6 VALOR NUTRICIONAL Y NUTRACÉUTICO

Una de las características más importantes del amaranto es sin duda su alto valor nutritivo y nutraceutico, ideal en anemias, desnutrición, mujeres en etapa de gestación y lactancia y niños, igualmente se debe tener en cuenta en problemas como osteoporosis porque es un alimento rico en hierro, proteínas, vitaminas y minerales. (52)

Tiene un alto nivel de proteínas; el contenido de proteínas del maíz, trigo y arroz, mejorados genéticamente oscila entre un 10 a 13%, el de amaranto sin mejoramiento ex profeso varía de 15 a 18 % y la calidad es mejor, comparada en varios parámetros al de la proteína de la leche, la caseína, que se considera nutricionalmente la proteína por excelencia. (52) (56)

La principal proteína en el amaranto, descubierta y bautizada como amarantina es superior nutricional y funcionalmente a cualquier otra proteína vegetal conocida hasta ahora, ya que presenta un buen equilibrio a nivel de aminoácidos, incluyendo la lisina, esencial en la alimentación humana y que no suele encontrarse (o en poca cantidad) en la mayoría de los cereales. Los niveles de lisina son superiores a los de todos los cereales, igualmente presenta adecuadas cantidades de triptófano y aminoácidos azufrados, ausentes en otros vegetales. (4) (52) (56)

El grano contiene de 6 a 10% de grasa, que se encuentran principalmente en el germen, que es rico en ácidos grasos poli-insaturados (76%), especialmente en ácido linoléico (18:2) y el ácido linolénico (18:3), el cual se encuentra en pequeña proporción. Estos ácidos grasos para el ser humano es de interés vital porque proveen de energía, bajan el colesterol, inhiben la producción de coágulos de sangre y disminuyen el riesgo de enfermedades cardiovasculares. El aceite de amaranto se dice que contiene altas concentraciones de tocotrienoles, formas raras de la vitamina E que inhiben la enzima dominante reguladora de la biosíntesis del colesterol. Además, se ha encontrado que la grasa de amaranto contiene una mayor cantidad de escualeno, isoprenoides que otras grasas vegetales comunes. El escualeno es un tipo de grasa que sólo se encuentra en

ballenas y tiburones, es un precursor biológico de los esteroides, y su contenido en el grano aumenta la importancia nutricional del amaranto. El escualeno aumenta el suministro de oxígeno a las células del cuerpo humano. Esta función de transportar el oxígeno desempeña un papel clave en la reducción de lipoproteínas de baja densidad, colesterol de la sangre, mejora el sistema inmunológico e incluso previene el cáncer. (21)

Su cantidad de almidón varía entre el 50 y 60% de su peso. El almidón del amaranto posee dos características distintivas que lo hacen muy prometedor en la industria:

- ✓ Tiene propiedades aglutinantes inusuales y
- ✓ El tamaño de la molécula es muy pequeña (aproximadamente un décimo del tamaño del almidón del maíz). Estas características se pueden aprovechar para espesar o pulverizar ciertos alimentos o para imitar la consistencia de la grasa. (36)

El grano de amaranto es un alimento nutracéutico que cumple múltiples funciones curativas en nuestro organismo, es de gran importancia por su alto contenido de fibra, superando a otros cereales por eso es recomendado e indispensable para el metabolismo y la digestión regular sana, el estreñimiento y como protección contra muchas enfermedades. (36)

El grano no posee gluten por eso recomendado para los celíacos o aquellas personas que son intolerantes a este elemento, y el cereal hecho papilla es recomendado para pacientes con problemas bucodentomaxilares, geriátricos, desnutridos y pacientes oncológicos. Por su contenido energético también es beneficioso para pacientes con requerimientos calóricos elevados. (36)

Los antinutrientes, tales como los inhibidores de la tripsina y taninos, se encuentran en niveles tan bajos que no presentan un riesgo nutricional. El procesamiento térmico del grano (cocinar, hacer estallar) hace inactivo a los antinutrientes lábiles al calor. (21)

Al igual que la quinua, el amaranto fue seleccionado por la NASA para alimentar a los astronautas por su alto valor nutritivo, por su aprovechamiento integral, por la brevedad de su ciclo de cultivo y por su capacidad de crecer en condiciones adversas. Por todo ello, fue calificado como cultivo CELSS (*Controlled Ecological Life Support System*). La planta remueve el dióxido de carbono de la atmósfera y, al mismo tiempo, genera alimentos, oxígeno y agua para los astronautas. El amaranto empezó a ser cultivado en los viajes espaciales desde 1985. Ese año, el amaranto germinó y floreció en el espacio durante el vuelo orbital de la nave Atlantis. (47) (52)

Según la FAO (*Food and Agricultural Organization / Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*) y la OMS (*Organización Mundial de la Salud*), sobre un valor proteico ideal de 100, el amaranto posee 75, la leche vacuna 72, la soya 68, el trigo 60 y el maíz 44. Además la digestibilidad de su grano es del 93%. Las reducidas dimensiones de este gránulo facilitan su digestión, que resulta de 2 a 5 veces más rápida que el maíz. Cuando se realizan mezclas de harina de amaranto con harina de maíz, la combinación resulta excelente, llegando a índices cercanos de 100, porque el aminoácido que es deficiente en uno abunda en el otro. El grano de amaranto no posee gluten lo que lo hace apto para celíacos (personas con propensión a problemas diarreicos). (47) (52) (56)

El que el amaranto haya sido tan importante en la dieta de varias civilizaciones prehispánicas, hace que su estudio resulte bastante prometedor e interesante. En la actualidad, debido a su demanda y precio el amaranto es un cultivo muy rentable, se adapta a distintos tipos de climas y suelos, soporta bien la sequía. En los últimos años se ha ampliado su mercado de consumo en países industrializados como Estados Unidos, Japón y Alemania. (47) (52)

En la tabla N° 2 se puede comparar el valor nutritivo del amaranto con otros granos de uso común y en la tabla N° 3 se puede comparar con algunos granos andinos: (10) (16) (24)

TABLA N° 2. VALOR NUTRITIVO DEL AMARANTO Y OTROS GRANOS DE USO COMÚN, DATOS EXPRESADOS EN BASE SECA

Característica (%)	Amaranto	Trigo	Arroz	Maíz
Proteína	15.54	13.40	10.10	10.30
Fibra cruda	5.21	2.40	1.00	2.30
Cenizas	3.61	1.90	1.40	1.40
Grasa	7.31	2.40	2.10	4.50
Calcio	0.14	0.02	0.02	0.01
Fósforo	0.54	0.41	0.18	0.27
Magnesio	0.22	0.10	0.08	0.13
Potasio	0.57	0.40	0.12	0.48
Sodio	0.02	0.01	0.01	0.01
Cobre	6.00	4.20	4.00	4.00
Manganeso	12.00	28.00	7.00	7.00
Zinc	21.00	41.00	24.00	24.00
Energía (Cal/100g)	439.90	354.00	364.00	361.00

FUENTE: MONTEROS *et. al.* 1994. BOLETÍN DIVULGATIVO "INIAP – ALEGRIA" PRIMERA VARIEDAD MEJORADA DE AMARANTO PARA LA SIERRA ECUATORIANA Y YÚFERA P. 1979. QUÍMICA AGRÍCOLA III: ALIMENTOS.

1.1.7 GRANO REVENTADO



FOTOGRAFÍA N° 2. AMARANTO REVENTADO

El amaranto se revienta en condiciones muy calientes y se convierte en una palomita como se observa en la fotografía N° 2, con muy alto contenido nutritivo, con 15 a 18 %

de proteína y presencia de lisina y metionina, alto contenido de fibra, calcio, hierro y vitaminas A y C. (36)

Procesamiento:

1. Se limpia el amaranto de las impurezas pasándolo por un colador,
2. Remojar el grano en agua, y secar naturalmente
3. Utilizar porciones de 5 gramos a una temperatura de 100 a 160°C por un periodo de 7 a 18 segundos.
4. Pasar la semilla por un colador, separar el amaranto reventado del que se haya quemado.
5. Enfriar y enfundar en fundas de polietileno, con su respectiva etiqueta, con el nombre del producto, fecha de elaboración y caducidad. Almacene en un lugar seco y ventilado. (36)

Usos:

En México son usadas para elaborar las “alegrías” (dulce mexicano), en Perú, Bolivia y Ecuador para elaborar turrónes, y que consisten en la mezcla de dicho grano reventado con miel o chocolate, dándole formas llamativas que son del agrado de sus consumidores. (36)

El reventado de la semilla de amaranto permite mejorar las características organolépticas del producto, el PER, así como la digestibilidad, y la destrucción de factores anti fisiológicas, lo que hace más nutritiva a la semilla. (36)

1.1.8 HARINA DE AMARANTO

La harina se puede obtener tanto del grano crudo como del grano cocido.

Procesamiento:

1. Se limpia la semilla de amaranto para que esté libre de impurezas
2. Se tuesta la semilla de amaranto en la paila
3. Se deja enfriar
4. Luego se lleva a la molienda para que muelan
5. Dejar enfriar la harina.
6. Enfundar en fundas de polietileno, con su respectiva etiqueta, con el nombre del producto, fecha de elaboración y caducidad. Almacene en un lugar seco y ventilado.

Tiempo de caducidad: 6 meses. (36)

Usos:

La harina es usada para elaborar budines, sopas, papillas, infinidad de potajes, pasteles, panes, humitas, tortillas, bebidas refrescantes y alcohólicas. En Perú, Bolivia y Ecuador son usadas para elaborar mazamorra, en México y Guatemala para elaborar atole y pinol.

En México, la harina de amaranto se utiliza para efectuar mezclas con la de trigo para la elaboración de tortillas, en una proporción de 90:10. El amaranto no altera el sabor ni consistencia de las tortillas. (36)

1.2 PAN

1.2.1 HISTORIA



FIGURA Nº 2. ESCENAS DE ELABORACIÓN DE PAN EN LA TUMBA DE RAMSÉS III-EGIPTO.

El pan fue el alimento básico de la humanidad desde la prehistoria como se observa en la figura N° 2. Algunos autores se imaginan que los inicios del pan podrían haber sido una masa de granos semi-molidos, y ligeramente humedecida que podría haberse cocido al sol sobre una piedra caliente, o simplemente haberse dejado abandonada junto a un fuego, o fuente de calor diversa. (17)

Los arqueólogos han excavado y encontrado fragmentos de pan ácimo (denominado también pan cenzeño) en los yacimientos de los poblados cercanos a los lagos suizos. Se sabe que los egipcios elaboraban pan desde hace mucho tiempo, y de ellos datan también las primeras evidencias arqueológicas de la utilización de la levadura en el pan así como el empleo de hornos. Se cree que descubrieron la fermentación por casualidad. El pan para los egipcios era tan importante que se consideraba como una moneda para pagar los jornales. (17)

En la Roma, ya en la República, había hornos públicos. Para los legionarios romanos el pan era un alimento habitual y era corriente que su dieta fuese en gran medida aceitunas y pan. En algunas regiones que no formaban parte del imperio como Alemania o Suecia, algunos habitantes que habían combatido en el ejército romano adoptaban el consumo de pan, y de aquí se extendía a sectores de la población. Su nombre proviene del latín "*pannus*" lo que significa masa blanca. Este gran consumo de pan durante el Imperio Romano implicó la gran importancia que tuvo el cultivo y comercio del trigo. (17)

En la Edad Media empiezan a elaborarse distintos tipos de pan ante la escasez de trigo, y como consecuencia de ello comienza su comercio; el pan blanco era un privilegio de los ricos y el pan negro de cebada, centeno o avena era para el resto de la población. Se hacía a mano, en el propio hogar o en hornos públicos. La ampliación progresiva del sistema alimentario introdujo cambios en los hábitos dietéticos. El pan dejó de ser el elemento básico del régimen del conjunto de la población. Sin embargo es uno de los productos que permiten un mejor equilibrio en la alimentación, fortalece la robustez y la talla de los individuos. (15) (17).

El pan fue sufriendo mejoras en su molienda, su horneado y poco a poco fue de un producto elaborado artesanalmente a un producto industrial al que se le añaden diversos aditivos. En la actualidad la maquinaria facilita en gran medida el trabajo haciendo que el

pan carezca de penosas tareas; se emplean amasadoras, hornos automáticos, transportadoras, enfriadoras, cortadoras y hasta máquinas para envolver. A finales del siglo XX se popularizan los panes integrales o negros. (15) (17)

1.2.2 DEFINICIÓN



FOTOGRAFÍA Nº 3. PAN BLANCO (PAN DE HARINA DE TRIGO) CON SU CORTE EXTERIOR CARACTERÍSTICO

La **Norma Técnica Ecuatoriana del INEN Nº 93** define los siguientes términos:

Pan: es el producto alimenticio que resulta de la cocción de la masa fermentada proveniente de la mezcla de harina de trigo y ciertos ingredientes básicos. (31)

Pan común: es el pan de miga blanca u oscura, elaborada a base de harina de trigo: blanca, semi-integral o integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados. (31)

Pan especial: es el pan que se obtiene añadiendo a la fórmula de pan común elementos enriquecedores, como huevos, leche, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados. (31)

Pan semi-integral: es el pan común de miga oscura, elaborado con harina blanca de trigo, con adición de harina semi-integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados. (31)

Pan integral: es el pan común de miga oscura elaborado a base de harina integral de trigo, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados. (31)

La definición de pan según el **Codex Alimentarius** es la siguiente:

Con la denominación genérica de pan, se entiende el producto obtenido por la cocción en hornos y a temperatura conveniente de una masa fermentada o no, hecha con harina y agua potable, con o sin el agregado de levadura, con o sin la adición de sal, con o sin la adición de otras sustancias permitidas para esta clase de productos alimenticios. (58)

Según Egan, Kirk y Sawger (2002), el pan está compuesto de una masa (con harina de trigo o centeno), levadura, agua y otros ingredientes, el cual es fermentado y horneado posteriormente. (8)

Según Pérez y Pozuelo (2006), el pan es una porción de masa de harina y agua, que sirve de principal alimento al hombre, después de fermentada y cocida al horno, la forma característica que presenta el pan blanco se observa en la fotografía N° 3. (15)

1.2.3 INGREDIENTES

Según la NTE INEN N° 95, la masa para la cocción del pan debe prepararse con los siguientes componentes:

- Harina de trigo: blanca, semi-integral o integral
- Agua potable
- Levadura activa, fresca o seca
- Sal comestible
- Azúcar en cantidad suficiente para ayudar al desarrollo de la levadura
- Grasa comestible (animal o vegetal)
- Aditivos autorizados (30)

1.2.3.1 Harina



FOTOGRAFÍA N° 4. HARINA DE TRIGO

Según la NTE INEN 616, la harina de trigo es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) hasta un grado de extracción determinado, considerando al restante como subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado). (Ver fotografía N° 4) (29)

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína-gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente, tenaz, con ligazón entre sí, que al ser extendida ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (levado con levadura, leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen. (4) (33) (34)

El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina que posibilitan la formación de la masa: unión, elasticidad, extensibilidad, retención de gases, absorción de agua y mantenimiento de la forma de las piezas. (4) (33)

A las harinas que contienen menos proteína – gluten se las llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten húmedo es superior al 30 %. Harinas ricas en gluten se prefieren para masas de levadura, especialmente las utilizadas en la elaboración de masas para hojaldre. Para masas secas, en cambio, es inconveniente un gluten tenaz y formador de masa. (33) (34)

Los que requisitos que se establecen en la NTE INEN 616 para harinas son:

Generales:

- La harina de trigo debe presentar un color uniforme, variando del blanco al blanco-amarillento, que se determinará de acuerdo a la NTE INEN 528.
- La harina de trigo debe tener el olor y sabor característico del grado de trigo molido, sin indicios de rancidez o enmohecimiento.
- La harina de trigo presentará ausencia total de otro tipo de harina.
- No deberá contener insectos vivos ni sus formas intermedias de desarrollo.
- Debe estar libre de excretas animales.

- Cuando la harina de trigo sea sometida a un ensayo normalizado de tamizado, mínimo 95% deberá pasar por un tamiz INEN 210 μm (N° 70). (29)

Generales de aditivos:

1. Agentes leudantes

- Las harinas autoleudantes pueden contener agentes leudantes, tales como: bicarbonato de sodio y fosfato monocálcico o pirofosfato ácido de potasio o tartrato ácido de potasio o fosfato ácido de sodio y aluminio.
- Las harinas autoleudantes pueden contener, a más del agente leudante: grasas, sal, azúcar, emulsificantes, saborizantes, sustancias de enriquecimiento y otros ingredientes autorizados.
- Bicarbonato de sodio y fosfato monocálcico, leudantes artificiales más comunes, pueden usarse combinados hasta un límite máximo de 4.5% (m/m). (29)

2. Mejoradores y/o blanqueadores

- Cloro; blanqueador de harina, máximo 100 mg/Kg, sólo en harinas destinadas para repostería.
- Dióxido de cloro; blanqueador y madurador de harina, máximo 30 mg/Kg.
- Peróxido de benzoilo; blanqueador de harina, máximo 30 mg/Kg.
- Ácido ascórbico; mejorador de harina, máximo 200 mg/Kg.
- Azodicarbonamida; mejorador de harina, máximo 45 mg/Kg.
- Bromato de potasio; no se admite su uso en harinas para panificación y su valor determinado según la NTE INEN 525 debe ser “ausencia”. (29)

3. Sustancias de fortificación

Todas las harinas de trigo, independientemente de sí, son blanqueadas, mejoradas con productos málticos, enzimas diastásicas, leudantes, etc., deberán ser fortificadas con las siguientes sustancias micronutrientes, de acuerdo a lo especificado en la tabla N° 3. (29)

TABLA N° 3. SUSTANCIAS DE FORTIFICACIÓN

Sustancias	Unidad	Requisito mínimo
Hierro reducido o micronizado	mg/Kg	55,0
Tiamina (vitamina B ₁)	mg/Kg	4,0
Riboflavina (vitamina B ₂)	mg/Kg	7,0
Ácido fólico	mg/Kg	0,6
Niacina	mg/Kg	40

FUENTE: NTE INEN 616

Los requisitos físicos y químicos, se indican en la tabla N° 4. (29)

TABLA N° 4. REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA HARINA DE TRIGO

REQUISITOS	Unid.	Harina panificable	Harina integral	Harinas especiales			Harinas para todo uso	Método de ensayo
		Extra	Mín. Máx.	Pastificios	Galletas	Autoleud.	Mín. Máx.	
		Mín. Máx.		Mín. Máx.	Mín. Máx.	Mín. Máx.		
Humedad	%	- 14,5	- 15	- 14,5	- 14,5	- 14,5	- 14,5	NTE INEN 518
Proteínas (base seca)	%	10 -	11 -	10 -	9 -	9 -	9 -	NTE INEN 519
Cenizas (base seca)	%	- *0,75	- 2,0	- 0,8	- 0,75	- 3,5	- 0,85	NTE INEN 520
Acidez (Exp. En ácido sulfúrico)	%	- 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,1	NTE INEN 521
Gluten húmedo	%	25 -	- -	23 -	23 -	23 -	25 -	NTE INEN 529

* Para el caso de harina panificable enriquecida extra, el porcentaje de cenizas será máximo 1.6%

FUENTE: NTE INEN 616

La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla N° 5. (29)

TABLA N° 5. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DE LA HARINA DE TRIGO

Requisitos	Unidad	Límite máximo	Método de ensayo
Aerobio mesófilos	UFC/g	100 000	NTE INEN 1 529-5
Coliformes	UFC/g	100	NTE INEN 1 529-7
E. coli	UFC/g	0	NTE INEN 1 529-8
Salmonella	UFC/g	0	NTE INEN 1 529-15
Mohos y levaduras	UFC/g	500	NTE INEN 1 529-10

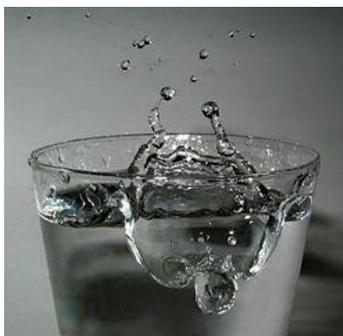
FUENTE: NTE INEN 616

Función:

Fuente de gluten, almidón (diluye al gluten para dar consistencia adecuada a la masa, fuente de azúcar para la fermentación y el pardeamiento químico, da superficie adecuada de unión con el gluten, por gelatinización se transforma en masa flexible, al gelatinizarse absorbe agua del gluten y da una estructura permeable a los gases), lípidos, enzimas, etc. (13) (20)

1.2.3.2 Agua

Sustancia elemental y humectante universal. Es el disolvente y dispersante de las sustancias sólidas que participan en la preparación de la masa, como se observa la fotografía N° 5. (33) (34)



FOTOGRAFÍA N° 5. EL AGUA

La composición química del agua empleada afecta a las cualidades del pan. La proporción de agua empleada en la elaboración de la masa influye en la consistencia final. Suele aplicarse agua de tal forma que suponga un 43% del volumen total de la masa (o lo que es lo mismo un 66.6% del peso de la harina, o la harina es 1 y 1/2 veces el peso de agua). Si se pone un contenido acuoso inferior al 43% la masa es menos extensible y más densa. No obstante la cantidad de agua que puede absorber una harina depende del tipo de cereal empleado en su elaboración y de la composición de proteínas (por ejemplo las harinas de alto contenido proteico absorben más agua). (33) (34)

La calidad y composición de las aguas influyen en la formación de la masa, por ejemplo se sabe que las aguas con un carácter ácido endurecen la red de gluten, mientras que las alcalinas suavizan la masa. Esta es la razón por la que a veces se emplean aguas minerales o filtradas en la elaboración de la masa para evitar que estas variables afecten negativamente a la masa final; matando, o inhibiendo, por ejemplo las levaduras. Las aguas fluoradas pueden llegar a detener la fermentación. (33) (34)

Las aguas de los establecimientos donde se elaboran productos de panadería deben ser potabilizadas, incoloras, inodoras e insípidas. (15)

Función:

Es un agente plastificante.

La cantidad de agua en las masas está en relación a la capacidad de absorción y retención de las harinas.

- Disuelve todos los ingredientes, sólidos y facilita la incorporación.
- Posibilita el acondicionamiento y la formación del gluten.
- Regula y controla la temperatura de la masa y los tiempos de fermentación.
- Es la responsable de la humedad y del volumen del pan.
- Activa las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable. (13)

1.2.3.3 Levadura

Es una masa constituida por un conjunto de microorganismos unicelulares que actúa como fermento. Las levaduras utilizadas en panadería pertenecen a la familia de las *Saccharomyces cerevisiae*. La levadura fresca es de color amarillo-grisáceo, húmeda, maleable y de olor agradable (Observar la fotografía N° 6). Debe conservarse en lugar fresco, no soporta temperaturas mayores a 40°C. Tiene la facilidad de producir gas lo cual es importante en la fermentación de la masa. (33) (34)



FOTOGRAFÍA N° 6. CUBOS DE LEVADURA FRESCA

El metabolismo de la levadura puede expresarse en forma de reacción química sencilla de la siguiente forma:



Función:

- Provoca la generación y el mantenimiento de la producción de gas en el proceso de panificación.
- Permite el acondicionamiento de la masa.
- Fermentación.
- Mejora la calidad nutricional del producto terminado y activa la masa posibilitando un mejor manejo.
- Proporciona sabor y aroma al pan posibilitando mejor volumen y rendimiento.
- Facilita el rebanado, cortado del pan. (13)

1.2.3.4 Sal

Sustancia química (cloruro de sodio) que se presenta en forma de cristales blancos, es muy soluble en agua. Se emplea para sazonar comidas.

No cabe duda que la primera vez que se empleó sal en el pan fue cuando algún panadero panificó con agua de mar. Pudo observar que la masa, aumentaba de fuerza y tenacidad y el sabor del pan se potenciaba. (33) (34)

Función:

- Dar mejor sabor al pan y fortalece (endurece) el gluten aumentando su tenacidad y plasticidad.
- Mejora y resalta el sabor de la harina y de los otros ingredientes, como las masas dulces.
- Controla la fermentación.
- Regula el consumo del azúcar en la masa y por ello se obtiene un mejor color en la corteza.
- Tiene acción bactericida impidiendo las fermentaciones inadecuadas. (13)

Advertencia:

- Un incremento en el nivel de sal en la formula, tiende a demorar la actividad de la levadura.
- Cuando se usa harinas frescas (recientemente molidas) o harinas débiles se recomienda aumentar el porcentaje de sal.
- La sal tiende a endurecer el gluten durante el mezclado. Si se agrega durante los últimos minutos del mezclado, se puede reducir el tiempo de amasado entre el 10 y 20%.
- La levadura nunca debe estar en contacto directo con la sal, ya que impide el proceso de fermentación. (15)

1.2.3.5 Azúcar

Se denomina azúcar a la sacarosa, cuya fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$, llamado azúcar común o azúcar de mesa. La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se obtiene de vegetales como la caña de azúcar o la remolacha azucarera y en menor cantidad del sorgo azucarero y el arce de Canadá. (33) (34)

Si se calienta por encima de $145^{\circ}C$ en presencia de compuestos amino, derivados por ejemplo de proteínas, tiene lugar el complejo sistema de reacción de Maillard, que genera colores, olores y sabores generalmente apetecibles en la elaboración de pan. (33) (34)

El azúcar blanco es el más refinado y luego está el azúcar rubia, morena o negra que es el menos refinado. Tiene un sabor más intenso que la blanca y un color más oscuro. Tiene también un mayor porcentaje de vitaminas y minerales. Se suele utilizar en las masas integrales para intensificar el color y sabor. (33) (34)

Función:

- Sirve para dar sabor, color, olor, sustrato para la levadura.
- Ayudan a controlar la fermentación.
- Dan el cuerpo y favorecen la textura, ya que absorben humedad y retienen el agua, dándole suavidad al producto.
- Prolongan la vida útil del producto conservándola por mayor tiempo. (13)

1.2.3.6 Grasas (Manteca)

Sustancia de olor neutro de origen animal o vegetal menos densas que el agua e insoluble en ella. Como alimento, son las sustancias que proporcionan al organismo el mayor número de calorías. (33) (34)

Las grasas en panadería se utilizan tanto en la masa como en forma de rociado superficial, en menor grado, también se utilizan como agentes antiadherentes en las bandejas de los hornos. (33) (34)

Función:

Es el ingrediente considerado dentro del grupo de mejoradores de la masa. Las grasas en panificación son ingredientes utilizados para hacer más tierno el producto.

- Mejoran la apariencia; la grasa se reparte en finas capas produciendo un efecto lubricante.
- Mejora la corteza; la suaviza.
- Mejoran la textura y el volumen; la uniformidad en la miga es más pronunciada y en cantidades superiores al 3% aumentan el volumen del pan.
- Facilitan el rebanado del pan (cortado).
- Mejoran el sabor.
- Aumenta el valor alimenticio.
- Prolongan la duración del producto; las grasas disminuyen la pérdida de humedad y ayudan a mantener fresco el pan. (13)

1.2.3.7 Aditivos autorizados

Se suelen añadir otros ingredientes a los anteriormente mencionados, con el objeto de mejorar el sabor, para eso se añaden:

- Especies diversas (pan especiado).
- Grasas (mantequilla, tocino de cerdo).
- Semillas diversas (pipas de girasol, sésamo, etc.).
- Frutas (banana, cebollas),
- Huevo (la yema o la clara)
- Granos del cereal ligeramente molidos e incluso malteados (Origen de amilasas (alfa endo enzima licuante y la beta exo enzima sacarificante, harina con alta actividad alfa amilolítica en la cocción se transforma en dextrina y da una masa débil y pastosa, harina con poca actividad alfa amilolítica da un pan con corteza pálida y poco quebradiza) y proteasas).
- Embutido o incluso fiambre picado (chorizo) o jamón). (17)

Los panes de elaboración industrial poseen cantidades apreciables de:

- Leche o leche en polvo (con el objetivo de incrementar el contenido de lisina en el pan).
- Vitaminas (para enriquecer el pan).
- Enzimas diversos como:
 - La amilasa, que se añade para favorecer la fermentación y que el pan se haga de forma más homogénea.
 - La fitasa fúngica se añaden al pan con el objetivo de reducir el contenido de ácido fítico, el cual se considera una sustancia antinutritiva por disminuir la biodisponibilidad de minerales tales como calcio, zinc, magnesio, hierro y fósforo.
 - La α -amilasa ya que cambia las propiedades químicas (degrada los azúcares complejos del pan en azúcares más sencillos en la fermentación) y físicas (en la miga la hace más suave).
 - La proteasa
 - Las lipoxidasas.

El empleo de diversos productos que se mezclan con la harina y que mejoran los rendimientos de producción del pan se denominan mejoradores para pan y se llevan empleando en la industria panadera desde los 1950s. (17)

Otros de los aditivos empleados son:

- Los antioxidantes con el objeto de mantener las propiedades del pan lo más estables posibles, uno de los más polémicos empleados son el hidroxibutilanisol (BHA) y el hidroxibutiltolueno (BHT).
 - Ácido ascórbico (vitamina C) con el objeto de reforzar las propiedades físicas del pan (útil en especial en grandes piezas) al mismo tiempo que acelerar su maduración, el ácido ascórbico se elimina por completo durante el horneado.
 - La lecitina suele añadirse por ser un emulsificante.
 - El propionato cálcico como agente antimicrobiano evitando la aparición de bacterias.
- (17)

1.2.4 ELABORACIÓN

La elaboración del pan es un conjunto de varios procesos en cadena. Comienza con los ingredientes en sus proporciones justas y las herramientas para su elaboración dispuestas para realizar las operaciones, y acaba con el pan listo para consumirlo. Dependiendo de los panaderos se añaden más o menos procesos a la elaboración, aunque básicamente son los siguientes:

- 1. Pesado de ingredientes:** el efectuar esta operación en forma precisa implica trabajar con una fórmula balanceada, uniformidad de los tiempos de fermentación, producción constante y calidad estable del producto terminado. Finalmente permite llevar un buen control de costos. (2) (5) (23)
- 2. Mezclado – amasado:** cuando se mezclan los ingredientes, las proteínas de la harina comienzan a hidratarse para formar gluten, empieza la producción de gas carbónico (CO₂) por acción de las enzimas de las levaduras sobre los azúcares. (2) (5) (23)
- 3. Mezclado – sobado:** aumento de velocidad. Operación en la que se acondiciona el gluten para que permita la formación uniforme de alvéolos, para conformar la miga. (2) (5) (23)
- 4. Reposo:** para hacer leudar la masa (sólo si se incluyó levadura), esta operación permite obtener mayor tamaño debido a que la levadura libera CO₂ durante su etapa de metabolismo. (2) (5) (23)
- 5. Boleado:** operación generalmente manual, para dar forma a la masa, según el tipo de pan a producir. (2) (5) (23)
- 6. Cortado:** operación que permite cortar la masa, en trozos de peso uniforme. En esta etapa se emplea el aceite vegetal para que la masa sea manejable. (2) (5) (23)
- 7. Fermentado:** proceso de fermentación que provoca el crecimiento de los trozos de masa boleado, activando la levadura para la producción de CO₂ y llenado con los mismos los alvéolos de la futura miga de pan. (2) (5) (23)
- 8. Horneado:** proceso en el que simplemente se somete durante un período la masa a una fuente de calor para que se cocine, con el horneado la masa fermentada se transforma en un producto apetitoso y digestible, recomendándose emplear

temperaturas y tiempos adecuados, de tal forma de adquirir un color uniforme de la tapa, lados y fondo, cual indudablemente depende de la clase de horno, tipo de fórmula, forma y tamaño del producto. (2) (5) (23)

- 9. Enfriado:** tras el horneado se deja reposar el pan hasta que alcance la temperatura ambiente. No suele aconsejarse ingerir el pan cuando está recién salido del horno, el proceso de enfriamiento es igualmente un proceso de maduración, este proceso es más necesario incluso para aquellos panes que han necesitado de masas ácidas en su elaboración. (2) (5) (23)

En la figura N° 3 se presenta el diagrama de flujo para el proceso de la panificación en general: (17) (23)

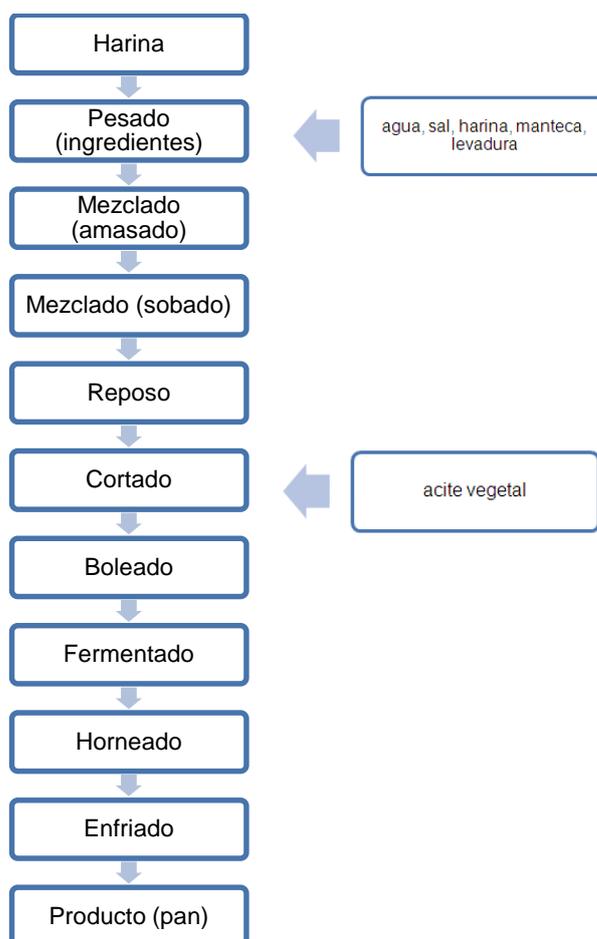


FIGURA N° 3. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE PAN

1.2.5 FASES Y BIOQUÍMICA DE LA PANIFICACIÓN

1.2.5.1 Mezclado y amasado

Características:

Consiste en la *mezcla* de: agua + harina + levadura y + demás ingredientes previstos según el tipo de pan.

El *amasado* asegura la mezcla de los componentes, para formar la masa panaria, hasta que tenga las mejores propiedades reológicas: absorción de agua, retención de CO₂, elasticidad, extensibilidad, etc. (13) (20)

Tiempo 10 – 20 min.

Reacciones:

- La harina absorbe agua (en dependencia de la granulometría, contenido de proteína, humedad inicial de la harina, HR del ambiente y consistencia de la masa)
- El almidón absorbe agua, hinchándose.
- Otros fenómenos, tales como los procesos óxido-reductores favorecen la formación de puentes disulfuro que propician la combinación de las proteínas.
- Reordenación de las configuraciones espaciales de las proteínas.
- Formación de enlace no covalentes entre las proteínas y otros constituyentes de la harina.
- Ruptura y formación de puentes disulfuro.
- Las proteínas (gliadina y glutenina) se combinan entre sí, desarrollándose la red de gluten. (4) (13) (20)

1.2.5.2 Fermentación

Características:

Reposo de la masa panaria en condiciones de temperatura adecuada para la fermentación y hasta que doble su tamaño.

Duración: 2-3 h a 25 – 30°C. (13)

Reacciones:

- Fermentación alcohólica (Pan fresco contiene 0,3 % de etanol) por acción de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y se debe controlar cantidad y calidad.
- Producción de CO₂ y se forman bolsas de gas retenidas entre las finas membranas del gluten.
- Se agotan los azúcares y comienzan a actuar las amilasas sobre el almidón para liberar maltosa y glucosa. (7) (13)

Factores:

- La sal en exceso genera transformación del sabor, fermentación lenta y en defecto fermentación acelerada (2%).
- Harina: actividad enzimática, granos dañados durante la molienda, grado de extracción, trigos germinados, contenido de gluten.
- Hidratación: insuficiente (masas duras) frena el desarrollo de la fermentación.
- Temperatura de la masa y ambiental.
- Acidez.
- HR del ambiente. (7) (13)

1.2.5.3 Cortado, Boleado, Reposo y Segunda fermentación

Características:

Tiempo 1h.

Reacciones:

Continúa la fermentación alcohólica. (13)

1.2.5.4 Cocción

Características:

Temperatura y tiempo varían según el tamaño y tipo de pan.

Temperatura: 220 – 260°C.

Tiempo: 13 – 18 min para panes de 200 g; 45 – 50 min para panes grandes de 2000 g; en el interior de la pieza no se superan jamás los 98°C. (7) (23) (13)

Reacciones:

- El pan pierde como término medio, un 20 % de su peso en masa y, en los primeros minutos que transcurren una vez sacado el pan del horno, vuelve a perder 3% sobre su peso en masa.
- Forma una costra impermeable que retiene la humedad y la grasa e impide la degradación de diversos nutrientes y componentes aromáticos (a partir de los 100°C, se acentúan a los 140°C hasta llegar a 220°C).
- Pardeamiento Químico:
 - Reacción de Maillard para asegurar color y aroma y,
 - Reacción de caramelización de los azúcares.
- Oxidación de los ácidos grasos a aldehídos, lactonas, cetonas, alcoholes y ésteres.
- Inactivación de las enzimas.
- El gluten se coagula y los alveolos se dilatan por efecto de calor, sus efectos condiciona la textura del pan.
- Activación y muerte de la levadura: en los primeros instantes, el metabolismo de la levadura se intensifica, el CO₂ producido contribuye al último impulso de la pieza. La dilatación producida por el calor en estos gases forma alveolos internos. Se produce la apertura de los cortes de las piezas.
- El almidón se gelatiniza (65 – 70 °C) produciéndose una pérdida de elasticidad, pero le da soporte a la estructura de la miga, contribuyendo a la textura del pan.
- Amilolisis: Las α -amilasas se activan con la temperatura, se producen dextrinas. Por encima de 70 °C se destruyen. (7) (13) (20)

1.2.5.5 Enfriamiento del pan

Características:

De cumplir las características organolépticas del pan fresco (NTE INEN 95)

- ✓ **Aroma y sabor:** Característico de producto fresco y bien cocido. Su sabor no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez.
- ✓ **Corteza:** Crujiente, de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.
- ✓ **Miga:** Debe ser elástica, blanda, húmeda, porosa, uniforme, no pegajosa ni desmenuzable. (30)

Una vez enfriado comienza la pérdida gradual de estas características, en un proceso denominado envejecimiento. (13)

1.2.5.6 Envejecimiento

Reacciones:

- Pérdida de humedad.
- Incremento de firmeza y pérdida de elasticidad de la miga.
- Retrogradación del almidón: las moléculas de almidón comienzan asociarse en estructuras ordenadas, reapareciendo el orden cristalino (re cristalización) y produciéndose la pérdida relativa de agua, sin alcanzar el orden del almidón nativo. (7) (13)

Hipótesis del envejecimiento del pan:

El pan, al envejecerse, se endurece y pierde elasticidad. Este endurecimiento no es una simple desecación o reacción química, porque la velocidad de endurecimiento aumenta cuando la temperatura decrece, con un máximo hacia los 0°C. (7)

El endurecimiento puede retardarse por congelación, pero no por simple refrigeración. Las medidas de los rayos X y análisis térmico diferencial demostraron que el almidón de la miga cristaliza y esta cristalización podría estar favorecida por una transferencia de

agua del gluten al almidón. Existe la hipótesis que el endurecimiento corresponde a la cristalización de la amilopectina. Si el pan viejo o añejo se calienta en el horno, se hace más tierno: la amilopectina pasaría del estado cristalino al estado amorfo. Sin embargo, el ablandamiento sólo es temporal; en efecto, el calentamiento provoca una deshidratación que facilita la recristalización de la amilopectina. El esquema de la figura N° 4 resume los fenómenos de esta hipótesis. (7)

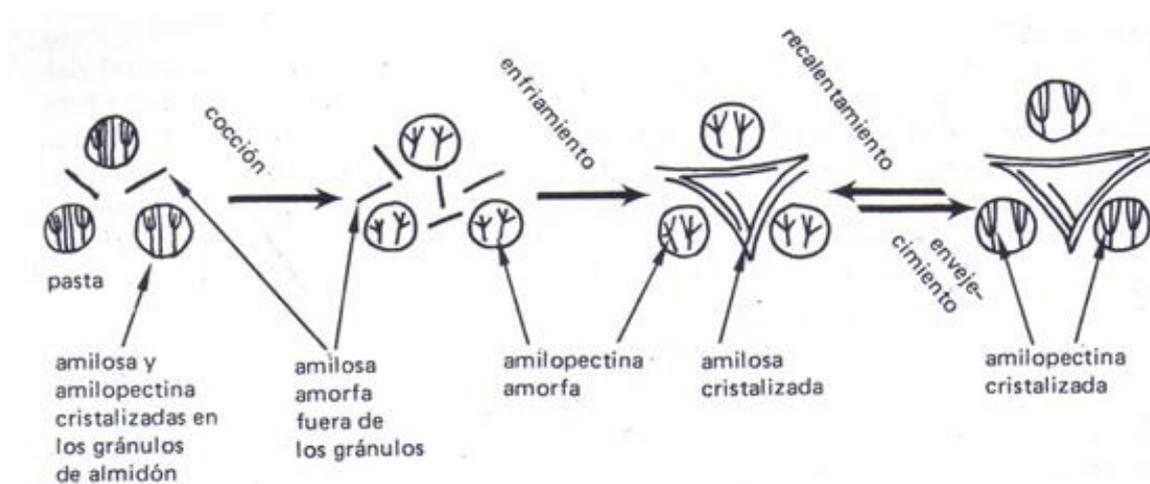


FIGURA N° 4. INTERPRETACIÓN ESQUEMÁTICA DEL ENVEJECIMIENTO DEL PAN: MODIFICACIONES DE LA AMILOSA Y DE LA AMILOPECTINA

1.2.5.7 Retrogradación del almidón

Se define como la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; se puede efectuar por diversas rutas que dependen de la concentración y de la temperatura del sistema. Si se calienta una solución concentrada de amilosa y se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente se forma un gel rígido y reversible, pero si las soluciones son diluidas, se vuelven opacas y precipitan cuando se dejan reposar y enfriar lentamente. La retrogradación está directamente relacionada con el envejecimiento del pan, las fracciones de amilosa o las secciones lineales de amilopectina que retrogradan, forman zonas con una organización cristalina muy rígida, que requiere de una alta energía para que se rompan y el almidón gelatinice. (13)

1.2.5.8 Almacenamiento

El almacenamiento del pan es un tema de interés para la industria panadera debido a que se trata de un producto relativamente perecedero al que se le añaden a veces ciertas sustancias químicas para que posea una vida media superior. El almacenamiento evita los cambios físicos y químicos en el pan debido a las actividades microbianas principalmente. El resultado de esos cambios resulta en un cambio de las propiedades organolépticas (aroma y textura) que induce al consumidor a deducir que el 'pan no es fresco'. En algunas ocasiones se vende en los supermercados pan congelado, que evidentemente soporta mayor tiempo de vida que un pan envasado en bolsas de plástico. Hoy en día se sabe que la retrogradación de los almidones del pan a formas cristalinas es una de las principales causas de la dureza del pan. Otros factores que afectan al 'ratio' con el que se pone duro (firmeza) han sido investigados como puede ser la temperatura de almacenamiento, el contenido húmedo (denominado como actividad de agua: a_w) del pan, cambios en la estructura del gluten y la migración de la humedad durante su almacenamiento. (7)

Los procesos que causan que el pan se ponga rancio y duro empiezan durante la fase final de enfriado (es decir al salir del horno), comenzando incluso antes de que el almidón se haya solidificado. Durante el almacenamiento la miga del pan se va poniendo cada vez más dura, seca y crujiente. En este proceso la corteza se va haciendo más blanda y húmeda. Se atribuye por regla general este proceso a un resecamiento de la miga del pan. Se puede decir que el proceso de envejecimiento del pan se debe principalmente a la aparición de dos sub-procesos que aparecen de forma separada: la rigidez causada por la transferencia de humedad desde la miga a la corteza y la rigidez intrínseca de las paredes celulares asociada a la re-cristalización durante el almacenamiento. Durante el envejecimiento, el contenido húmedo de la corteza va aumentando como resultado de la migración hacia fuera desde su interior. Si se envuelve el pan en una lámina anti humedad se acentúa la degradación de la corteza haciendo que la humedad de la miga no migre hacia afuera. Sin embargo se aconseja el embalado del pan debido a que reduce la pérdida global de humedad a la atmósfera. (7)

Se ha comprobado que calentar el pan a temperaturas cercanas a los 60 °C hace que se pueda revertir el proceso de dureza en el pan. Esto ocurre debido a que las moléculas retenidas en la estructura de los glóbulos de almidón se liberan y además los geles de las amilosas vuelven a ser tiernas de nuevo. Esta es la razón por la que el pan duro a veces se pone blando en el horno a temperaturas ligeras (por debajo de los 60 °C). Se aconseja para evitar el endurecimiento del pan que si se va a consumir en uno o dos días se almacene en una panera o en una simple bolsa de papel ya mantiene la humedad perfectamente. Si se va a consumir el pan en más de dos días se aconseja meterlo en una bolsa de plástico y congelarlo por completo. Almacenar en la nevera tan sólo si se va a recalentar antes de ser ingerido (como por ejemplo las tostadas). (7)

Comparado con otros alimentos, el pan contiene poca agua, y esto significa que puede ser contaminado por hongos si no es adecuadamente almacenado. Las especies de hongos azules que suelen atacar el pan son: *Aspergillus* y *Penicillium* así como las especies de *Monilia sitophila*. En los panes de origen industrial se suelen añadir tras el fermentado algunos antifúngicos con el objeto de evitar la degradación por hongos y poder almacenar durante más tiempo el pan. Uno de los más empleados es el propionato cálcico ($\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2$) al 0,2 %. Algunos de los microorganismos fúngicos más frecuentes en el pan durante esta fase son el *Rhizopus nigricans*, el *Penicillium expansum*, *P. stoloniferum* y el *Aspergillus niger*. Entre los microorganismos no-fúngicos contenidos en el pan se encuentra el *Bacillus subtilis* y *Bacillus mesentericus*. (7)

1.2.6 PAN Y SALUD

El pan se ha considerado desde muy antiguo como uno de los alimentos por excelencia. Hubo autores que experimentaron científicamente diciendo que era un alimento, que por sí solo, poseía todos los requerimientos básicos de una alimentación completa (bajo ciertas actividades). El pan es una alimento que contiene un 40% de agua (hay que saber que la pasta cocida llega a un 60%). Es un buen cálculo pensar que cien gramos de pan blanco tiene un aporte calórico aproximado de 250 calorías, su adecuación a la alimentación humana hace que sea incluido en los kits de supervivencia. (12)

1.2.7 PAN Y NUTRICIÓN

El pan aporta en una cantidad considerable hidratos de carbono de cadena compleja. Algunas proteínas (generalmente de bajo valor biológico), pudiendo llegar a contenidos de 9 g/100 g de pan. Su contenido en aminoácidos no incluye todos los aminoácidos esenciales, sino que presenta niveles bajos del aminoácido esencial, lisina (se suele compensar con la ingesta de otros alimentos como puede ser legumbres). Posee por regla general pocos contenidos grasos, casi siempre ácido oléico y linoléico. Entre los micronutrientes que posee el pan y algunas trazas de calcio (debido al uso de leche que se hace en la elaboración industrial actual), hierro (es un gran aporte de este mineral), selenio, potasio, fósforo. El pan que tiene una harina con germen posee dos vitaminas del grupo B y que son la: tiamina (que favorece la salud en el sistema nervioso) y la niacina (que previene la pelagra). El pan posee también ácido fólico y una cierta cantidad de carotenoides (aunque poca cantidad ya que fueron reducidos durante la fase de mezcla en la elaboración del pan). (12)

Los panes de harinas poco refinadas son las que aportan una mayor cantidad de fibra a la dieta humana, no obstante el consumo de pan suele ser una de las fuentes mayoritarias de fibra. Los panes blancos de harinas refinadas son los que aportan una menor cantidad llegando hasta un 3%, el pan denominado como "integral" puede llegar a tener entre tres a cuatro veces más de fibra. El pan ocupa la base de la pirámide alimentaria en la zona de cereales y legumbres, lo que indica que puede consumirse al día en una cantidad relativamente moderada (comparado con otros alimentos) dentro de lo que se considera una dieta equilibrada. Por ejemplo en la dieta de un niño de un año ya se incluye el pan (así como los alimentos de los grupos alimentarios: carne, verduras y leche). Existen estudios que mencionan que un consumo de pan de centeno aporta en las mujeres sólo un 7,1 % de la proteína; un 1,2 % de lípidos y un 11,1 % de carbohidratos necesarios en RDI, mientras que en la dieta de un humano contribuye con un 5,9 % de la proteína un 1 % de la grasa y 9,3 % de carbohidratos, lo que hace una contribución del total de 28,6 % de los nutrientes recomendados por Organización Mundial de la Salud. (12)

Según Egan, Kirk y Sawger (2002), la composición característica según el tipo de pan se observa en la tabla N° 6: (8)

TABLA Nº 6. COMPOSICIÓN DE ALGUNOS PANES

Tipo	Agua (%)	Proteína (Nx5.7) (%)	Grasa (%)	Azúcares (%)	Almidón y dextrinas (%)	Fibra (%)	Energía (KJ/100g)
Harina integral	40.0	8.6	2.7	2.1	39.7	8.5	918
Centeno	39.0	8.9	2.2	1.8	42.9	5.1	948
Hovis	70.0	9.7	2.2	2.4	42.7	4.6	968
Blanco	39.0	8.0	1.7	1.8	47.9	2.7	991
Tostado	25.0	9.6	1.7	2.1	62.8	–	1265
Migaja seca	9.7	11.6	1.9	2.6	74.9	–	1508
De grosella	37.7	6.4	3.4	13.0	38.8	–	1063
Malteado	39.0	8.3	3.3	18.6	30.8	–	1054
De soda	34.2	8.0	2.3	3.0	53.3	2 - 3	1122
Roles, morenos crujientes	28.6	11.5	3.2	2.1	55.1	–	1129
Morenos suaves	31.0	11.7	6.4	1.9	46.0	–	1194
Blancos crujientes	28.8	11.6	3.2	2.1	55.1	–	1231
Blancos suaves	28.8	9.8	7.3	1.9	51.7	–	1291
De bajo almidón	8.5	44.0	4.1	1.6	44.1	–	1631

FUENTE: COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS DE PEARSON 2002.

1.3 ALIMENTOS NUTRACÉUTICOS



FOTOGRAFÍA Nº 7. ALIMENTOS NUTRACÉUTICOS (LA MANTEQUILLA Y LOS HUEVOS)

Son aquellos alimentos que son elaborados no sólo por sus características nutricionales sino también para cumplir una función específica como puede ser el mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades, 2 ejemplos de estos alimentos se observa en la fotografía N° 7. 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 le 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 sistemas redox y antioxidante, así como la modificación del metabolismo de macronutrientes. (42) (43)

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 se 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. (42) (43)

1.3.1 DEFINICIONES

No existe una definición mundialmente acordada para catalogar este tipo de alimentos, no obstante algunas de las agencias internacionales y organismos gubernamentales de algunos países encargados de vigilar la salud alimentaria han redactado pequeñas definiciones genéricas. Un ejemplo es el Food Information Council (FIC) que los define como aquellos alimentos que proporcionan beneficios para la salud más allá de la nutrición básica. La definición de la FUFOSE recalca por ejemplo la demostración científica en el alimento de mejorar en una o varias funciones en el organismo, (42)

1.3.2 CARACTERÍSTICAS

La principal tarea de una dieta es proporcionar los nutrientes suficientes como para cumplir los requerimientos metabólicos que mantengan la salud al mismo tiempo que se pueda proporcionar al consumidor una sensación de satisfacción y de bienestar. Las investigaciones realizadas en nutrición durante la segunda mitad del siglo XX empezaron a arrojar datos acerca de la posibilidad de modular ciertas funciones de la salud mediante el consumo de alimentos fortificados o enriquecidos con elementos activos como pueden ser el uso de ciertos micronutrientes. Como definición de trabajo se puede decir que un alimento es funcional si contiene algún componente (sea o no un nutriente) que beneficia una o un número limitado de funcionalidades en el cuerpo proporcionando salud (entendida como reducción de riesgo de enfermedad) y bienestar. Un alimento funcional puede ser un macronutriente si éste posee efectos fisiológicos específicos (como puede ser el empleo de un almidón resistente a los jugos gástricos o un ácido graso) o incluso un nutriente esencial que su consumo es superior a la Cantidad Diaria Recomendada. Puede referirse a un componente alimenticio que a pesar de poseer un valor nutritivo, no es esencial (como por ejemplo los oligosacáridos) o incluso puede carecer de valor nutritivo (como pueden ser los organismos vivos o compuestos químicos de plantas). (43)

Una de las confusiones más frecuentes entre los consumidores es distinguir entre alimento funcional y alimento dietético. El segundo es un alimento diseñado para satisfacer las necesidades nutricionales de un grupo de la población, mientras que el alimento funcional se diseña para satisfacer las necesidades o carencias de toda una población, o a lo sumo de un porcentaje elevado de la misma. (43)

1.3.3 ALGUNOS OBJETIVOS

Según Delgado, algunos de los alimentos funcionales se han diseñado para cubrir ciertos aspectos como:

- 1. Funciones gastrointestinales.** Estas funciones incluyen aquellas que están asociadas a la microflora bacteriana en el colon, mediar en la actividad endocrina del tracto gastrointestinal, actuar sobre la actividad inmune del tracto, control de la biodisponibilidad (sobre todo de minerales), control del tiempo de tránsito.
- 2. Sistemas redox y antioxidante.** Estos sistemas requieren un insumo balanceado de antioxidantes y (pro-) vitaminas así como de componentes alimentarios tales como los polifenoles y otros antioxidantes naturales de origen vegetal. Las actividades redox y la protección antioxidante son muy importantes para las células y tejidos y su desequilibrio se asocia con la aparición de diversas enfermedades. A pesar de estas hipótesis fundadas existen todavía problemas en la comunidad científica a la hora de demostrar los efectos beneficiosos de los antioxidantes en los alimentos funcionales.
- 3. Metabolismo de macronutrientes** - Este objetivo es específico del metabolismo de carbohidratos, metabolismo de aminoácidos, y ácidos grasos.
- 4. Ayudas al feto** - El alimento de la madre y del feto son objetivos en algunos alimentos funcionales, un ejemplo es el ácido fólico.
- 5. Metabolismo xenobiótico** y su modulación mediante componentes no-nutritivos, tal y como algunos fitoquímicos.
- 6. Modificar el humor y la capacidad psicológica.** (43)

1.4 COMPONENTES NUTRACÉUTICOS

1.4.1 DEFINICIÓN

Son componentes de los alimentos o partes del mismo que aportan un beneficio añadido para la salud, capaz de proporcionar beneficios médicos, inclusive para la prevención y el tratamiento de enfermedades. Son agentes bioactivos proporcionados en forma concentrada para mejorar las características nutritivas, es un componente del alimento, o una mezcla compleja de sustancias químicas, fisiológicamente activas, cumpliendo una función igual que los nutrientes de los alimentos, contribuyendo a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas. (44)

Actualmente existen muchos alimentos funcionales en el mundo, con distintos componentes nutraceuticos, como ejemplos:

En EE.UU para llegar a prevenir ciertas enfermedades en la poblacion, resulta facil encontrar barras de cereales destinadas a mujeres de mediana edad, suplementadas con calcio para prevenir la osteoporosis, con proteina de soja para reducir el riesgo de cancer de mama, con acido folico para un corazon mas sano, panecillos energizantes y galletas adicionadas con proteinas, zinc y antioxidantes. Alimentos con soja que contienen isoflavones que reducen los sintomas de la menopausia. (44)

En Europa, en Alemania se comercializan golosinas adicionadas con vitamina K y vitamina E. En Italia, las gondolas de los supermercados ofrecen yogures, con omega 3 y vitaminas que previenen enfermedades cardiovasculares, en Francia se ofrece azucar adicionada con fructo-oligosacaridos para fomentar el desarrollo de la flora benefica intestinal. (44)

Otros ejemplos como el consumo de productos de origen vegetal (frutas, verduras, granos integrales y leguminosos) son considerados como medio de proteccion contra enfermedades cronicas como el cancer, la presencia de fitoquimicos contribuyen a la reduccion de este riesgo. Compuestos como los terpenos de los vegetales verdes y granos, funcionan como antioxidantes, protegiendo a los lipidos, a la sangre y a otros fluidos corporales. El licopeno, presente en tomates, sandias y pimientos rojos es el carotenoide implicado en la reduccion del riesgo de cancer de prostata. Los betacarotenos de la zanahoria reduce el dano celular, la luteina de los vegetales verdes ayudan a una vision sana, fibra insoluble de la cascara de trigo reduciria el cancer de colon, el ester estanol de la soja, trigo y maiz reduce la presencia de colesterol en sangre, y muchos ejemplos mas presentes en la alimentacion diaria completa con alimentos de origen animal y vegetal. (44)

En Argentina la calidad de las carnes segun sus caracteristicas organolepticas, composicion quimica y nutricional, consideradas a nivel mundial como alimento de alto valor biologico, con especial enfasis en su valor nutraceutico expresado principalmente en el contenido de acidos linoleicos conjugados (CLA), acidos grasos poliinsaturados

omega 6 y omega 3, agentes antioxidantes, etc. Los CLA han sido identificados por sus propiedades anticancerígenas y la relación de los ácidos grasos polinsaturados omega 3 y omega 6 ha mostrado tener una alta incidencia en la reducción del riesgo de las enfermedades arteriales coronarias. (44)

Las carnes blancas de pescado ricas en omega 3 y ácidos grasos previenen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, mejoran funciones mentales y visuales. Diferentes productos como la leche, lácteos fermentados (yogurt, quesos, etc.) y otros derivados lácteos aportan cantidades aceptables de ácido linoléico, que mejoran la composición de las células corporales y reducen el riesgo de ciertos tipos de cáncer. Los microorganismos fermentadores de los lácteos y los productos de la fermentación que producen en estos alimentos mejoran la flora y motilidad intestinal y reducen la presencia de ciertos tipos de úlceras en el tracto gastrointestinal. La miel tiene acción bactericida y anti-inflamatoria en uso externo, con excelentes resultados en tratamientos de lesiones gástricas, necesarias para la prevención de enfermedades producidas por el *helicobacter pylori* y como antifúngica en general. (44)

Nuestro país, tiene la ventaja de contar con un sistema de producción ganadera de base pastoril siendo reconocida internacionalmente por su calidad expresada en ternera, jugosidad y demás características organolépticas, es además de alto valor nutracéutico, justamente lo que hoy prioriza el mercado de alimentos. Por otro lado, el valor nutricional de los derivados lácteos, productos de la pesca, vegetales, granos de cereales, etc. producidos en sistemas semiextensivos y extensivos aseguran competitividad comercial y fundamentalmente calidad nutricional, para aquellos mercados que los demanden. (44)

Es un hecho que los consumidores han comenzado a ver la dieta como parte esencial para la prevención de las enfermedades, el cuidado de la salud motiva comprar alimentos seguros y de calidad. Garantizar un futuro más saludable para la humanidad debe ser obra de los sistemas productivos de las materias primas, la ciencia y tecnología de alimentos, la nutrición y medicina humana, la mercadotecnia, etc., consumir alimentos nutritivos, seguros e inoos, promueve la lucha por la consecución de una mejor salud y calidad de vida. (44)

1.5 VALOR NUTRITIVO

1.5.1 DEFINICIÓN

Este viene dado por la cantidad de nutrientes que aportan a nuestro organismo cuando son consumidos. Estos nutrientes pueden ser lípidos, glúcidos, proteínas, vitaminas y minerales. El valor nutritivo es diferente en cada grupo de alimentos, algunos alimentos poseen más o menos nutrientes que otros. Es por eso, que para clasificarlos se debe tomar en cuenta el nutriente que más abunda en su composición. Los alimentos también cumplen distintas funciones en el organismo. (54)

1.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Según Delgado, de acuerdo a su función los alimentos se clasifican en:

- Energéticos
- Reparadores
- Reguladores

Alimentos energéticos: son aquellos que nos dan la energía necesaria para realizar distintas actividades y también nos proporcionan calor. El valor energético o valor calórico de un alimento va a depender de la cantidad de energía que puede proporcionar al quemarse en presencia de oxígeno. Estos alimentos son los glúcidos. (43)

Alimentos reparadores, plásticos o constructores: no todos los alimentos que ingerimos se queman para producir energía. Son los que nos ayudan a crecer, a reconstruir y a reparar los tejidos dañados de nuestro cuerpo y a facilitar las reacciones químicas necesarias para el mantenimiento de la vida. Los alimentos más importantes de este grupo son las proteínas. (43)

Alimentos reguladores: estos alimentos contienen sustancias que utiliza el organismo en cantidades muy pequeñas para asimilar correctamente los alimentos y así contribuir a coordinar el funcionamiento del cuerpo. Se considera que estos alimentos no aportan calorías al organismo. En este grupo se encuentran las vitaminas A, C, D, E, K y el complejo B; también se incluyen los minerales como el hierro, fósforo, calcio, zinc, yodo, etc., y el agua. (43)

1.6 ANÁLISIS PROXIMAL Y/O BROMATOLÓGICO

Entendemos por Análisis Básico (proximal), la determinación conjunta de un grupo de sustancias estrechamente emparentadas. Comprende la determinación del contenido de agua, proteína, grasa (extracto etéreo), cenizas y fibra; las sustancias extractibles no nitrogenadas (ELnN) se determina por cálculo restando la suma de estos 5 componentes de 100%, para subrayar que se trata de grupos de sustancias más o menos próximas y no de compuestos individuales, los analistas suelen usar el término bruta y/o cruda detrás de proteína, grasa o fibra. (13)

Como todas las determinaciones son empíricas es preciso indicar y seguir con precisión las condiciones del analista. Los resultados obtenidos en las determinaciones de cenizas y contenido de agua están muy influidos por la temperatura y el tiempo de calentamiento. Cualquier error cometidos en las determinaciones de los cinco componentes citados aumenta la cifra de las sustancias extractibles no nitrogenadas. (13)

1.6.1 OBJETIVOS

- Determinar la composición química con fines de investigación.
- Establecer las características físicas y químicas para control de calidad.
- Investigar y determinar adulteraciones
- Investigar adulteraciones y el grado de las mismas.
- Establecer contaminaciones. (13)

La importancia de este análisis radica en garantizar la producción, industrialización y comercialización de los alimentos inocuos, íntegros y óptimos para proteger la salud y la economía de los consumidores. (35)

1.6.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por muchas razones científicas, técnicas y económicas (Comité de Normas Alimentarias, 1979), pero su determinación precisa es muy difícil. El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas, como agua enlazada y como agua disponible o libre; el

agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado. Puesto que la mayoría de los alimentos son mezclas heterogéneas de sustancias, contienen proporciones variables de ambas formas. (13)

En la mayoría de las industrias alimentarias, la humedad se suele determinar a diario. Los niveles máximos se señalan frecuentemente en las especificaciones comerciales. (13)

Existen para esto varias razones, principalmente las siguientes:

- El agua si está presente por encima de ciertos valores, facilita el desarrollo de microorganismos
- El agua es el adulterante por excelencia para ciertos alimentos como leche, quesos, mantequilla, etc.
- Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua. Por ejemplo sal, azúcar.
- La cantidad de agua puede afectar la textura. Ejemplo carnes crudas.
- La determinación del contenido de agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos. (13)

1.6.3 DETERMINACIÓN DE CENIZAS

El concepto de residuo de incineración o cenizas se refiere al residuo que queda tras la combustión (incineración) completa de los componentes orgánicos de un alimento en condiciones determinadas. Una vez que se eliminan otras impurezas posibles y partículas de carbono procedentes de una combustión incompleta, este residuo se corresponde con el contenido de minerales del alimento. (13)

La determinación de cenizas es importante porque:

- Nos da el porcentaje de minerales presentes en el alimento.
- Permite establecer la calidad comercial o tipo de harina.
- Da a conocer adulteraciones en alimentos, en donde se ha adicionado sal, talco, yeso, cal, carbonatos alcalinos, etc., como conservadores, material de carga, auxiliares ilegales de la coagulación de la leche para quesos, neutralizantes de la leche que empieza a acidificarse, respectivamente.
- Establece el grado de limpieza de materias primas vegetales (exceso de arena, arcilla).
- Sirve para caracterizar y evaluar la calidad de alimentos. (13)

1.6.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA

La fibra cruda o bruta representa la parte fibrosa indigerible de los alimentos vegetales, químicamente está constituida por compuestos poliméricos fibrosos carbohidratados (celulosa, hemicelulosa, pectinas, gomas, mucilagos) y no carbohidratados (lignina, polímero de fenilpropano). El organismo humano carece de sistemas enzimáticos que degraden estos polímeros y por ello aparecen inalterados en el intestino grueso (colon) y ejercen una acción reguladora del peristaltismo y facilita la evacuación de las heces fecales. (13)

El AOAC define a la fibra cruda como “La porción que se pierde tras la incineración del residuo seco obtenido después de digestión ácida-alcalina de la muestra seca y desengrasada en condiciones específicas”. La fibra contribuye a la textura rígida, dura y a la sensación de fibrosidad de los alimentos vegetales. (13)

1.6.5 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Hasta hace poco, el contenido total de proteínas en los alimentos se determinaba a partir del contenido de nitrógeno orgánico determinado por el método Kjeldahl. En la actualidad, existen varios métodos alternativos físicos y químicos, algunos de los cuales

han sido automatizados o semiautomatizados. El método Kjeldahl, sigue siendo la técnica más confiable para la determinación de nitrógeno orgánico. (13)

1.6.6 EXTRACTO ETÉREO

Insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos. Proporciona energía y son la principal reserva energética del organismo. Fuente de ácidos grasos esenciales, transporte de combustible metabólico y disolvente de algunas vitaminas. Influyen en la absorción de las proteínas y en la calidad de la grasa que se deposita en el cuerpo y de los productos grasos que se obtienen. (33)

El contenido en lípidos libres, los cuales consisten fundamentalmente de grasas neutras (triglicéridos) y de ácidos grasos libres, se puede determinar en forma conveniente en los alimentos por extracción del material seco y reducido a polvo con una fracción ligera del petróleo o con éter dietílico en un aparato de extracción continua. Se dispone de éstos en numerosos diseños, pero básicamente son de dos tipos el tipo Bolton o Bailey-Walker y tipo Soxhlet. El método Soxhlet utiliza un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter que se encuentran en el alimento. (34)

1.6.7 EXTRACTO LIBRE NO NITROGENADO

Eminentemente energético, son sustancias que producen calor y energía de movimiento. Lo componen los azúcares y en particular los polisacáridos, el almidón o fécula. (33)

1.6.8 pH

La acidez medida por el valor de pH, junto con la humedad son, probablemente, las determinaciones que se hacen con más frecuencia. El pH es un buen indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos. (35)

Se puede determinar colorimétricamente mediante los indicadores adecuados, pero, para su mayor exactitud, se ha de recurrir a métodos eléctricos mediante el uso de pH-metros. (13)

1.7 MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS

La mayoría de estas técnicas se basan en la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. Cuanto menor es la longitud de onda de una radiación, mayor es la energía asociada. Dependiendo de la longitud de onda tenemos distintas radiaciones. (14)

Las técnicas que se basan en estas propiedades pueden ser:

- Espectrometría de UV visible.
 - Espectrofotometría de fluorescencia.
 - Espectrofotometría infrarroja.
 - Espectrofotometría de absorción atómica.
 - Fotometría de llama.
 - Espectrofotometría de masas.
 - Resonancia magnética nuclear (RMN) y Resonancia de spin electrónico (RSN).
- (14)

1.7.1 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

La espectroscopia de absorción atómica (a menudo llamada AA) es un método instrumental de la Química Analítica que determina una gran variedad de elementos al estado fundamental como analitos. (14)

Es un método químico analítico que está basado en la atomización del analito en matriz líquida y que utiliza comúnmente un nebulizador pre-quemador (o cámara de nebulización) para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama con una longitud de trayecto más larga, en caso de que la transmisión de energía inicial al analito sea por el método "de llama". La niebla atómica es desolvatada y expuesta a una energía a una determinada longitud de onda emitida ya sea por la dicha llama, o una lámpara de cátodo hueco construida con el mismo analito a determinar o una Lámpara de Descarga de Electrones (EDL). Normalmente las curvas de calibración no cumplen la Ley de Lambert - Beer en su estricto rigor. (14)

La temperatura de la llama es lo bastante alta para que la llama de por sí no mueran los átomos de la muestra de su estado fundamental. El nebulizador y la llama se usan para

desolvatar y atomizar la muestra, pero la excitación de los átomos del analito es hecha por el uso de lámparas que brillan a través de la llama a diversas longitudes de onda para cada tipo de analito. (14)

En AA la cantidad de luz absorbida después de pasar a través de la llama determina la cantidad de analito existente en la muestra. Hoy día se utiliza frecuentemente una mufla de grafito (u horno de grafito) para calentar la muestra a fin de desolvatarla y atomizarla, aumentando la sensibilidad. (14)

El método del horno de grafito puede también analizar algunas muestras sólidas o semisólidas. Debido a su buena sensibilidad y selectividad, sigue siendo un método de análisis comúnmente usado para ciertos elementos traza en muestras acuosas (y otros líquidos). Otro método alternativo de atomización es el Generador de Hidruros. (14)

Como primer paso, naturalmente, es necesario obtener una disolución de la muestra, por ejemplo mediante fusión con peróxidos o por digestión ácida. (14)

1.8 EVALUACIÓN SENSORIAL

El Análisis Sensorial o Evaluación Sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos. Es una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de los alimentos que se perciben por los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto, por lo tanto, la Evaluación Sensorial no se puede realizar mediante aparatos de medida, el “instrumento” utilizado son personas. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido. (19)

El análisis sensorial es un auxiliar de suma importancia para el control y mejora de la calidad de los alimentos ya que a diferencia del análisis físico-químico o microbiológico, que solo dan una información parcial acerca de alguna de sus propiedades, permite hacerse una idea global del producto de forma rápida, informando llegado el caso, de un aspecto de importancia capital; su grado de aceptación o rechazo. (19)

El análisis sensorial de los alimentos es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese alimento se requiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor, más aún cuando debe ser protegido por un nombre comercial los requisitos son mayores, ya que deben poseer las características que justifican su reputación como producto comercial. (3)

En general el análisis se realiza con el fin de encontrar la fórmula adecuada que le agrade al consumidor, buscando también la calidad e higiene del alimento para que tenga éxito en el mercado. (3)

1.9 PRUEBAS AFECTIVAS O HEDÓNICA

Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Por lo general se realiza con paneles inexpertos o solamente con consumidores. Entre las pruebas afectivas se encuentra las de preferencia, medición del grado de satisfacción y las de aceptación. (3)

Los estudios de naturaleza hedónica son esenciales para saber en qué medida un producto puede resultar agradable al consumidor. Pueden aplicarse pruebas hedónicas para conocer las primeras impresiones de un alimento nuevo o profundizar más y obtener información sobre su grado de aceptación o en qué momento puede producir sensación de cansancio en el consumidor. El término hedónico proviene del griego *hedond*, que significa placer, y hace referencia a la atracción subjetiva del individuo por el producto a evaluar. (3)

Las pruebas hedónicas tienen escalas de 9 puntos, pero a veces es demasiado extensa, entonces se acortan a 7 ó 5 puntos. Se usan para estudiar a nivel de laboratorio la posible aceptación del alimento. Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que va en la ficha. (3)

1.10 ATRIBUTOS SENSORIALES

Las características sensoriales de un alimento, lo que denominamos sus atributos, son los que nos impulsan a degustarlo. Estas características se clasifican según el sentido que lo percibe:

- Gusto y sabor
- Aroma y olor
- Color y apariencia
- Textura
- Audición y ruidos (19)

1.10.1 GUSTO Y SABOR

Se entiende por gusto a la sensación percibida a través del sentido del gusto, localizado principalmente en la lengua y cavidad bucal. Se definen cuatro sensaciones básicas: ácido, salado, dulce y amargo. El resto de las sensaciones gustativas proviene de mezclas de estas cuatro, en diferentes proporciones que causan variadas interacciones. (19)

Se define por sabor como la sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto principalmente, pero no debe desconocerse la estimulación simultánea de los receptores sensoriales de presión, y los cutáneos de calor, frío y dolor. (19)

1.10.2 AROMA Y OLOR

Aroma es la fragancia del alimento que permite la estimulación del sentido del olfato, por eso en el lenguaje común se confunden y usan como sinónimos.

Olor es la sensación producida al estimular el sentido del olfato. (19)

1.10.3 COLOR Y APARIENCIA

El color que percibe el ojo depende de la composición espectral de la fuente luminosa, de las características físicas y químicas del objeto, la naturaleza de la iluminación base y la sensibilidad espectral del ojo. Todos estos factores determinan el color que se aprecia: longitud de onda, intensidad de luz y grado de pureza. (19)

La visión es de fundamental importancia para la evaluación de aspecto y color. El color adquiere importancia como índice de madurez y/o deterioro, por lo que constituye un parámetro de calidad. El consumidor espera un color determinado para cada alimento, cualquier desviación de este color puede producir disminución en la demanda, además es importante para la sensación gustativa y olfativa. Se puede afirmar que la visión es el primer sentido que interviene en la evaluación de un alimento, captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia: aspecto, tamaño, color, forma, defectos, etc. (19)

1.10.4 TEXTURA

Se entiende por textura el conjunto de percepciones que permiten evaluar las características físicas de un alimento por medio de la piel y músculos sensitivos de la cavidad bucal, sin incluir las sensaciones de temperatura y dolor. (19)

1.10.5 AUDICIÓN Y RUIDOS

El ruido o sonido que se produce al masticar o palpar muchos alimentos constituye una información muy apreciada para muchos consumidores que exigen la presencia de esta característica en el alimento que degustan. Así por ejemplo, se exige que el apio, la lechuga, una manzana, las hojuelas de las papas sean crujientes; las gaseosas y el champagne burbujeantes; la cerveza espumosa; los chicles elásticos, etc. (19)

Muchas veces sirve para controlar el grado de madurez, y es por esta razón que se golpean las sandías; o se golpean los quesos para tener una información de la formación de agujeros; o bien agitar las conservas para tener conocimiento de la relación sólido-medio de empaque. (19)

1.11 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El conocimiento de la microbiología es la base para el manejo adecuado de los productos alimenticios. Así pues el estudio del número y tipo de microorganismos presentes en un alimento permite:

- Conocer la fuente de contaminación del producto en exámenes.
- Evaluar las condiciones higiénicas de trabajo en las que se procesan o preparan los alimentos.
- Detectar la posible presencia de flora patógena que causa problemas de salud en el consumidor.
- Establecer en qué momento se producen fenómenos de alteración en los distintos alimentos, con el propósito de delimitar su período de conservación. (6)

Y si bien el desarrollo microbiano desenfrenado y sus productos metabólicos indeseables ocasionan problemas al dañar nuestros alimentos, los microorganismos también se usan benéficamente para producir alimentos y bebidas de alto valor gastronómico. (6)

1.11.1 MOHOS Y LEVADURAS

Existen varios cientos de especies de mohos y levaduras (hongos) que contaminan los alimentos. Su capacidad para atacar varios alimentos se explica por sus requerimientos ambientales tan versátiles. Aunque mohos y levaduras son aerobios obligados su rango de pH es muy amplio de 2 a 9, igual su rango de temperatura (10-35°C). Pocas especies pueden crecer fuera de estos rangos. Los requerimientos de humedad son relativamente bajos, la mayoría de especies crecen a actividades de agua de 0.85 o menos, las levaduras requieren altas actividades de agua. (11)

Los hongos causan varios grados de deterioro de los alimentos, pueden invadir y crecer sobre cualquier tipo de alimento y en cualquier tiempo, invaden cultivos de granos, nueces, arvejas, tomates, manzanas en el campo antes de la cosecha y durante el almacenamiento. También crecen en alimentos procesados y en mezclas de alimentos. (11)

Los mohos y levaduras crecen más lentamente que las bacterias en alimentos no ácidos y húmedos, pocas veces ocasionan problemas en este tipo de alimentos. Pero en los alimentos ácidos y en los de baja actividad de agua crecen más rápido que las bacterias, son importantes organismos alteradores de frutas frescas, jugos de frutas, vegetales, quesos, cereales y derivados, alimentos salazonados, encurtidos, alimentos congelados, alimentos deshidratados almacenados bajo condiciones inadecuadas. (11)

En los alimentos frescos y en los congelados, pueden encontrarse un número bajo de esporas y células vegetativas de levaduras, su presencia no es muy significativa, la alteración se manifiesta solamente cuando el alimento contenga cifras elevadas de levaduras o mohos visibles. La alteración por levaduras no constituye un peligro para la salud. (11)

Su detectabilidad en los alimentos depende del tipo de alimento, de los organismos involucrados y del grado de invasión. El alimento contaminado puede estar ligeramente dañado, severamente dañado o completamente descompuesto. El crecimiento se manifiesta por manchas de diversos colores, costras, limo, micelio blanco algodonoso, o muy coloreado. Se producen sabores y olores anormales. Un alimento puede verse aparentemente libre de mohos pero el examen microbiológico lo encuentra contaminado. Los hongos pueden ser un peligro potencial para la salud del hombre y de los animales debido a la producción de metabolitos tóxicos denominados micotoxinas. (11)

1.11.2 COLIFORMES TOTALES

El término coliformes comprende *E. coli* y otras especies pertenecientes a otros géneros de la familia *Enterobacteriaceae*. Los coliformes se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, en el suelo, en el agua, en los vegetales y también en la flora del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente, es decir, homeotermos. (11)

Aunque las pruebas de presencia o ausencia de coliformes en general son muy útiles, es deseable contar todos los coliformes presentes por su aplicabilidad como microorganismos indicadores. (11)

La presencia de niveles considerables de coliformes en los alimentos que han recibido algún tratamiento para garantizar su sanidad indica: tratamiento inadecuado, fallos en el tratamiento industrial, contaminación posterior al proceso, mala calidad higiénica en el proceso, falta de higiene en el manejo y no necesariamente una contaminación de origen intestinal. (11)

Las bacterias coliformes tradicionalmente han sido consideradas como indicadores de contaminación fecal de aguas y alimentos antes que patógenos que contaminan los alimentos, pero evidencias recientes requieren una reconsideración de este concepto. Algunos miembros de las especies *E. coli*, *Aeromonas hydrophila*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae* y el género *Citrobacter* han sido asociados con proceso de gastroenteritis o poseen atributos de enteropatogenicidad frecuentemente asociados con plásmidos. (6) (11)

1.11.3 AEROBIOS MESÓFILOS

La enumeración de gérmenes aerobios mesófilos es el indicador microbiano más común de la calidad de los alimentos. (11)

Esta determinación sirve para:

- Conocer el nivel de microorganismos presentes en un producto, sea este preparado, pre-cocido, refrigerado o congelado.
- Conocer las fuentes de contaminación (aire, agua, materia prima, etc.) durante la elaboración de los alimentos.
- Verificar la eficacia de los sistemas de limpieza y desinfección.
- Conocer si se inicia la alteración de los alimentos y su probable vida útil.
- Conocer si han ocurrido fallos en el mantenimiento de las temperaturas de refrigeración en los alimentos refrigerados.

Existen algunos métodos para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos tales como el de vertido en placa, de siembra por extensión en superficie, siembra por gotas en superficie, filtración a través de membrana, además de métodos automatizados. Cada método debe especificar la temperatura de incubación. (11)

1.12 PRUEBAS ESTADÍSTICAS

1.12.1 ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA

En estadística, análisis de varianza (ADEVA o ANOVA, según terminología inglesa) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados. El análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos (1), es decir, el análisis de la varianza es un método para comparar dos o más medias, que es necesario porque cuando se quiere comparar más de dos medias es incorrecto utilizar repetidamente el contraste basado en la t de S-tudent, por dos motivos:

- En primer lugar, y como se realizarían simultánea e independientemente varios contrastes de hipótesis, la probabilidad de encontrar alguno significativo por azar aumentaría. En cada contraste se rechaza la H_0 si la t supera el nivel crítico, para lo que, en la hipótesis nula, hay una probabilidad α . Si se realizan m contrastes independientes, la probabilidad de que, en la hipótesis nula, ningún estadístico supere el valor crítico es $(1 - \alpha)^m$, por lo tanto, la probabilidad de que alguno lo supere es $1 - (1 - \alpha)^m$, que para valores de α próximos a 0 es aproximadamente igual a αm . Una primera solución, denominada método de Bonferroni, consiste en bajar el valor de α , usando en su lugar α/m , aunque resulta un método muy conservador. (1)
- Por otro lado, en cada comparación la hipótesis nula es que las dos muestras provienen de la misma población, por lo tanto, cuando se hayan realizado todas las comparaciones, la hipótesis nula es que todas las muestras provienen de la misma población y, sin embargo, para cada comparación, la estimación de la varianza necesaria para el contraste es distinta, pues se ha hecho en base a muestras distintas. (1)

El método que resuelve ambos problemas es el ANOVA, aunque es algo más que esto: es un método que permite comparar varias medias en diversas situaciones; muy ligado, por tanto, al diseño de experimentos y, de alguna manera, es la base del análisis multivariante. (1)

1.12.1.1 Bases del análisis de la varianza

Supónganse k muestras aleatorias independientes, de tamaño n , extraídas de una única población normal. A partir de ellas existen dos maneras independientes de estimar la varianza de la población σ^2 . (1)

1. Una llamada varianza dentro de los grupos (ya que sólo contribuye a ella la varianza dentro de las muestras), o varianza de error, o cuadrados medios del error, y habitualmente representada por MSE (Mean Square Error) o MSW (Mean Square Within) que se calcula como la media de las k varianzas muestrales (cada σ varianza muestral es un estimador centrado de σ^2 y la media de k estimadores centrados es también un estimador centrado y más eficiente que todos ellos). MSE es un cociente: al numerador se le llama suma de cuadrados del error y se representa por SSE y al denominador grados de libertad por ser los términos independientes de la suma de cuadrados. (1)
2. Otra llamada varianza entre grupos (sólo contribuye a ella la varianza entre las distintas muestras), o varianza de los tratamientos, o cuadrados medios de los tratamientos y representada por MSA o MSB (Mean Square Between). Se calcula a partir de la varianza de las medias muestrales y es también un cociente; al numerador se le llama suma de cuadrados de los tratamientos (se le representa por SSA) y al denominador $(k-1)$ grados de libertad. (1)

MSA y MSE, estiman la varianza poblacional en la hipótesis de que las k muestras provengan de la misma población. La distribución muestral del cociente de dos estimaciones independientes de la varianza de una población normal es una F con los grados de libertad correspondientes al numerador y denominador respectivamente, por lo tanto se puede contrastar dicha hipótesis usando esa distribución. (1)

Si en base a este contraste se rechaza la hipótesis de que MSE y MSA estimen la misma varianza, se puede rechazar la hipótesis de que las k medias provengan de una misma población. (1)

Aceptando que las muestras provengan de poblaciones con la misma varianza, este rechazo implica que las medias poblacionales son distintas, de modo que con un único contraste se contrasta la igualdad de k medias. (1)

Existe una tercera manera de estimar la varianza de la población, aunque no es independiente de las anteriores. Si se consideran las kn observaciones como una única muestra, su varianza muestral también es un estimador centrado de σ^2 : Se suele representar por MST, se le denomina varianza total o cuadrados medios totales, es también un cociente y al numerador se le llama suma de cuadrados total y se representa por SST, y el denominador (kn-1) grados de libertad. (1)

En la tabla N° 7 se demuestra cómo se suelen representar los resultados de un ANOVA:

TABLA N° 7. RESULTADOS DE UN ANOVA

Fuente de variación	G.L.	SS	MS	F
Entre grupos	k-1	SSA	SSA / (k-1)	MSA / MSE
Tratamientos				
Dentro	(n-1)k	SSE	SSE / k(n-1)	
Error				
Total	kn-1	SST		

FUENTE: ABRAIRA, V. PÉREZ DE VARGAS, A. 1996. BIOESTADÍSTICA.

Y el cociente F se usa para realizar el contraste de la hipótesis de medias iguales. La región crítica para dicho contraste es $F > F_{\alpha (k-1, (n-1)k)}$ (1)

1.12.1.2 Modelos de análisis de la varianza

El ANOVA permite distinguir dos modelos para la hipótesis alternativa:

Modelo I o de efectos fijos en el que la H_1 supone que las k muestras son muestras de k poblaciones distintas y fijas. (18)

Modelo II o de efectos aleatorios en el que se supone que las k muestras, se han seleccionado aleatoriamente de un conjunto de $m > k$ poblaciones. (18)

La manera más sencilla de distinguir entre ambos modelos es pensar que, si se repitiera el estudio un tiempo después, en un modelo I las muestras serían iguales (no los individuos que las forman) es decir corresponderían a la misma situación, mientras que en un modelo II las muestras serían distintas. (18)

Aunque las asunciones iniciales y los propósitos de ambos modelos son diferentes, los cálculos y las pruebas de significación son los mismos y sólo difieren en la interpretación y en algunas pruebas de hipótesis suplementarias. (18)

CAPÍTULO II

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 LUGAR DE INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo en los siguientes lugares:

- Laboratorio de Bioquímica y Alimentos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH
- Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA - ESPOCH)
- Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC)
- Instalaciones de la Panadería Santy (en la ciudad de Riobamba)

2.2 PERSONAS ENCUESTADAS

- Niñas del sexto y séptimo año de educación básica de la Escuela Fiscal “Rosa Zárate” de la parroquia Licto del cantón Riobamba.
- Niños del sexto y séptimo año de educación básica de la Escuela Fiscal “José Félix Heredia” de la parroquia Licto del cantón Riobamba.
- Panelistas semi-entrenados de la facultad de Ciencias - ESPOCH.

2.3 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

2.3.1 MATERIA PRIMA

- Palomitas de amaranto KAWSAY (*Amaranthus caudatus*) molido y tamizado procedente del supermercado CAMARI de la ciudad de Riobamba.
- Harina de trigo fortificada YA
- Agua
- Sal
- Azúcar
- Levadura FLEISCHMANN
- Manteca vegetal

2.3.2 MATERIALES

- Materiales de panadería: tazones, latas para hornear, recipientes varios
- Capsulas de porcelana
- Pinza de cápsula
- Desecador
- Mortero y pistilo
- Reverberos
- Varilla de vidrio
- Balón de digestión Kjeldhal
- Pipetas volumétricas
- Vasos de precipitación
- Buretas
- Balones aforados
- Vidrio reloj
- Soporte universal
- Pinza de bureta

- Dedales
- Mangueras
- Picetas
- Cisoles de Gooch
- Lana de vidrio
- Kitasato
- Embudo buchner
- Matraces volumétricos
- Espátula
- Probeta graduada
- Reloj
- Balones volumétricos
- Soporte universal
- Termómetro de 360°C
- Núcleos de ebullición
- Algodón
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Guantes estériles
- Mascarillas
- Placas petri
- Papel absorbente
- Platos de aluminio
- Vasos descartables
- Servilletas descartables
- Fundas plásticas
- Fundas ziploc
- Empaques plásticos
- Cartones

2.3.3 EQUIPOS

- Horno de panificación (Equipan)
- Amasadora de pan de alta velocidad (Essedue)
- Cortadora de pan
- Empacadora al vacío
- Espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu AA-6800)
- Estufa (Mettler)
- Mufla (Vulcan ASSO)
- Balanza Analítica (AE Adam)
- Balanza Semianalítica (Wildcat)
- pH metro (Hanna)
- Autoclave (All American)
- Incubadora
- Equipo de Kjeldhal (Gerhart Vapodest y Turbotherm)
- Equipo de Soxhlet
- Equipo de Weende
- Cabina extractora de gases (Mettler)
- Bomba de vacío (Ruchi)
- Cámara fotográfica (Canon)
- Computador (Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 2.80GHz)
- Refrigeradora (Durex)
- Molino (Corona)

2.3.4 REACTIVOS

- Agua destilada
- Peróxido de hidrógeno
- Ácido sulfúrico concentrado (grado técnico)
- Hidróxido de sodio
- Mezcla catalizadora (Sulfato de sodio; sulfato cúprico)
- Ácido bórico

- Indicador mixto (Rojo de metilo y verde de bromocresol)
- Ácido clorhídrico estandarizado 0.1 N
- Éter etílico
- Hexano
- Etanol
- Ácido nítrico
- Agua bidestilada
- Desinfectante

2.3.5 MEDIOS DE CULTIVO

- Agar sabouraud dextose w/choramphenicol
- Placas Petrifilm para aerobios mesófilos
- Placas Compact Dry para coliformes totales

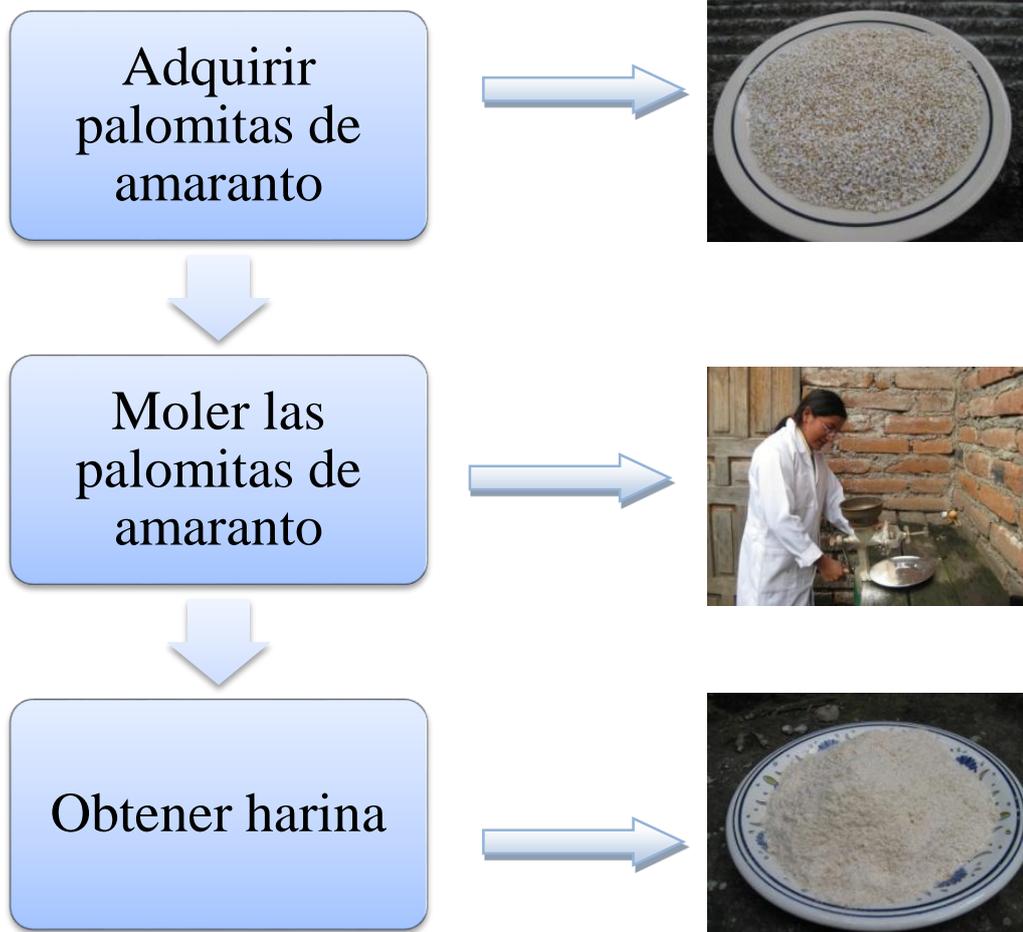
2.4 MÉTODOS

2.4.1 FASE EXPERIMENTAL

2.4.1.1 Proceso para la obtención de harina de amaranto estallado

Para la obtención de la harina utilizó Palomitas de amaranto KAWSAY (*Amaranthus caudatus*) adquiridos en el supermercado CAMARI de la ciudad de Riobamba.

Procedimiento



2.4.1.2 Proceso de elaboración de pan con el 10%, 15% y 20% de harina de amaranto estallado

Para la elaboración de las tres formulaciones de pan y para el pan testigo se utilizó los ingredientes que se indican en la tabla N° 8:

TABLA Nº 8. INGREDIENTES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS 3 FORMULACIONES Y PAN TESTIGO EN RELACIÓN A 1 Kg

Ingredientes	A (10%)	B (15%)	C (20%)	T (0%)
Harina de amaranto estallado	0.10 Kg	0.15 Kg	0.20 Kg	0 Kg
Harina de trigo fortificada	0.90 Kg	0.85 Kg	0.80 Kg	1 Kg
Azúcar	50 g	50 g	50 g	50 g
Sal	30 g	30 g	30 g	30 g
Levadura	50 g	50 g	50 g	50 g
Manteca vegetal	30 g	30 g	30 g	30 g
Agua	0.6 L	0.6 L	0.6 L	0.6 L

FUENTE: EL LIBRO DEL PAN Y DE LA LECHE 2000 Y TESISISTA MÓNICA PILATAXI 2013.

A (10%): Primera formulación con el 10% de harina de amaranto estallado.

B (15%): Segunda formulación con el 15% de harina de amaranto estallado.

C (20%): Tercera formulación con el 20% de harina de amaranto estallado.

T (0%): Pan testigo con el 0% de harina de amaranto estallado.

Procedimiento





El proceso para la elaboración del pan testigo fue el mismo que se ha descrito, ya que se empleó los mismos ingredientes con la excepción de la harina de amaranto estallado.

2.4.1.3 Pruebas de aceptación

Test de degustación y evaluación sensorial para la elección de la formulación de pan de mayor aceptabilidad

Las tres formulaciones de pan se sometieron a pruebas de degustación con los niños y niñas del sexto y séptimo año de educación básica de las escuelas “Rosa Zárate” y “José Félix Heredia”, pertenecientes a la parroquia de Licto cantón del Riobamba. Se aplicó la prueba hedónica facial de tipo preferencia, la cual abarco parámetros desde: me disgusta mucho, me disgusta, ni me gusta ni me disgusta, me gusta y me gusta mucho. (Ver Anexo 1)

El número de encuestas aplicadas fueron 96, en las que se degustó 3 tipos de muestras.

A la formulación de pan más aceptada se realizó el análisis bromatológico (humedad, cenizas extracto etéreo, fibra, proteína, extracto libre no nitrogenado y calcio), además se analizó la calidad microbiológica; y se comparó con un pan testigo para poder notar el aporte nutritivo y nutracéutico que brinda el amaranto.

Test de degustación y evaluación sensorial para la valoración numérica de las características internas y externas de la formulación de pan de mayor aceptabilidad

La formulación de pan de mayor aceptación por los niños y niñas, se sometió a pruebas de degustación y valoración numérica por parte de panelistas semi-entrenados de la Facultad de Ciencias-ESPOCH. Se aplicó el test de valoración con método numérico, el cual abarcó las siguientes características: color de la corteza, apariencia y simetría, sabor, color de la miga, textura de la miga y grano de la miga. (Ver Anexo 2)

El número de encuestas aplicadas fueron 8, en las que se degustó el pan con mayor aceptabilidad, que correspondió a la muestra C, elaborada con el 20 % de harina de amaranto estallada.

2.4.1.4 Análisis del valor nutritivo del pan con mayor aceptabilidad y del pan testigo

DETERMINACIÓN DEL pH: NTE INEN 95 (30)

Principio

El principio básico de la medida electrométrica del pH se fundamenta en el registro potenciométrico de la actividad de los iones hidrógeno por el uso de un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, o un electrodo combinado. La fuerza electromotriz (fem) producida por el sistema electroquímico varía linealmente con el pH y puede verificarse por la obtención de una gráfica de pH vs. fem para diferentes soluciones de pH conocido. El pH de la muestra se determina por interpolación.

Para ello se utiliza el potenciómetro (pH-metro) como instrumento para medir el pH de las soluciones. Cuando el electrodo entra en contacto con la disolución se establece un potencial a través de la membrana de vidrio que recubre el electrodo. Este potencial varía según el pH.

Procedimiento

- La determinación debe hacerse por duplicado y sobre la misma muestra preparada.
- Pesar una cantidad de muestra preparada no menor de 10 g, sobre un vidrio reloj previamente pesado.
- Trasferir la muestra al matraz erlenmeyer de 250 mL limpio y seco, añadir 100 mL de agua destilada y agitar cuidadosamente, hasta que las partículas queden uniformemente en suspensión.
- Continuar agitando ocasionalmente durante 30 min y dejar en reposo por 10 min.
- Decantar el líquido sobrenadante a un vaso seco y determinar el pH medio de un potenciómetro de lectura directa.

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD: Método de desecación en estufa de aire caliente (Técnica utilizada en el laboratorio de alimentos de la Facultad de Ciencias - ESPOCH). (13)

Principio

Consiste en secar la muestra en la estufa de aire caliente a una temperatura de 103 ± 3 °C hasta peso constante, el secado tiene una duración de 2 a 3 horas; y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo. Esta muestra posteriormente se lleva a la molienda si el caso requiere el análisis proximal.

Procedimiento

- _ Pesar 1-10 gramos de muestra (previamente realizado su desmuestre) en vidrio reloj, pesa filtro o en papel aluminio o chocolatín; o directamente en cápsula de porcelana previamente tarada, repartir uniformemente en su base.
- _ Colocar en la estufa a 103 ± 3 °C por un lapso de 2 a 3 horas, hasta peso constante.
- _ Enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y pesar.
- _ La determinación debe realizarse por triplicado.

Cálculos

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100$$

Dónde:

m = Masa de la cápsula vacía en g

m_1 = Masa de la cápsula con la muestra en g

m_2 = Masa de la cápsula con la muestra después del calentamiento en g

DETERMINACIÓN DE CENIZAS: Método de incineración en mufla. (Técnica utilizada en el laboratorio de alimentos de la Facultad de Ciencias - ESPOCH). (13)

Principio

Se lleva a cabo por medio de incineración seca y consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura de 500°C-550°C., con esto la sustancia orgánica se combustiona y se forma el CO₂, agua y la sustancia inorgánica (sales, minerales) se queda en forma de residuos, la incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

Procedimiento

- _ Colocar la cápsula con la muestra seca resultado de la determinación del contenido de humedad en un mechero y dentro de la sorbona, para calcinar hasta ausencia de humos
- _ Transferir la cápsula de porcelana a la mufla e incinerar a una temperatura de 500°C-550°C, hasta obtener cenizas libres de residuo carbonoso (esto se obtiene al cabo de 2 a 3 horas) y peso constante.
- _ Sacar la cápsula y colocar en el desecador, enfriar y pesar.
- _ La determinación se hace por triplicado.

Cálculos

$$\%C = \{(m_1 - m)/(m_2 - m)\} \times 100$$

Dónde:

%C = Contenido de cenizas en porcentaje de masa

m = Masa de la cápsula vacía en g

m₁ = Masa de la cápsula con la muestra después de la incineración en g

m₂ = Masa de la cápsula con la muestra antes de la incineración en g

DETERMINACIÓN DE GRASA O EXTRACTO ETÉREO: Método de Soxhlet.

(Técnica utilizada en el laboratorio de alimentos de la Facultad de Ciencias - ESPOCH).

(13)

Principio

Los lípidos son insolubles en el agua y menos densos que ella. Se disuelven bien en disolventes no polares, tales como el éter, éter sulfúrico, sulfuro de carbono, benceno, cloroformo y en los derivados líquidos del petróleo.

El contenido en lípidos libres, los cuales consisten fundamentalmente de grasas neutras (triglicéridos) y de ácidos grasos libres, se puede determinar en forma conveniente en los alimentos por extracción del material seco y reducido a polvo con una fracción ligera del petróleo o con éter dietílico en un aparato de extracción continua.

Procedimiento

- Pesar 2 g de muestra seca y colocar en el dedal, luego introducirlo en la cámara de sifonación.
- En el balón previamente tarado, adicionar 50 mL de éter etílico o éter de petróleo (se puede usar también hexano) o la cantidad adecuada dependiendo del tamaño del equipo.
- Embonar la cámara de sifonación al balón.
- Colocar el condensador con las mangueras sobre la cámara de sifonación.
- Encender la parrilla, controlar la entrada y salida de agua y extraer por 8 a 12 horas.
- Al terminar el tiempo, retirar el balón con el solvente más el extracto graso y destilar el solvente.
- El balón con la grasa bruta o cruda colocar en la estufa por media hora, enfriar en el desecador y pesar.

Cálculos

$$\%G (\%Ex. E) = \{(P_1 - P)/m\} \times 100$$

Dónde:

%G = Grasa cruda o bruta en muestra seca expresado en porcentaje en masa

P₁ = Masa del balón más la grasa cruda o bruta extraída en g

P = Masa del balón de extracción vacío en g

m = Masa de la muestra seca tomada para la determinación en g

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA: Método de Macrokjeldhal. (Técnica utilizada en el laboratorio de alimentos de la Facultad de Ciencias - ESPOCH). (13)

Principio

Consiste en someter a calentamiento y digestión una muestra problema con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO₂ y agua, la proteína se descompone con la formación de amoníaco, el cual interviene en la reacción con el ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amonio sucede solamente en medio básico; luego de la formación de la sal de amonio actúa una base fuerte (NaOH 40%) y se desprende el nitrógeno en forma de amoníaco, este amoníaco es retenido en una solución de ácido bórico al 4 % y titulado con ácido clorhídrico al 0.1 N, en presencia del indicador mixto.

Procedimiento

- _ Pesar exactamente 0.5 g de muestra seca e introducirla en el balón de digestión Kjeldhal.
- _ Añadir 2 g de mezcla catalizadora (1.8 g de K_2SO_4 o Na_2SO_4 , 0.2 g de $CuSO_2$), 20 mL de ácido sulfúrico concentrado p.a procurando no manchar las paredes del mismo.
- _ Colocar el balón en el digestor y calentar hasta obtener un líquido transparente.
- _ Enfriar el balón y su contenido, adicionar 25 mL de agua destilada para disolver el contenido que al enfriarse se solidifica.
- _ Cerrar la llave y en un vaso de precipitación de 50 mL preparar la mezcla de 8 mL de NaOH al 40% y 2 mL de $Na_2S_2O_3$ al 5%, abrir la llave y verter dejando pasar lentamente al balón de destilación.
- _ Recibir el destilado en un erlenmeyer conteniendo 50 mL de H_3BO_3 al 4% al que se añade 2 o 3 gotas del indicador mixto rojo de metilo y verde de bromocresol. El tubo de salida del destilador debe estar sumergido en el erlenmeyer que contiene los reactivos.
- _ Destilar hasta obtener 30 mL de destilado. Titular el destilado con HCl N/10.
- _ La determinación debe hacerse por triplicado.

Cálculos

$$\%P = \frac{1,4 \times f \times V \times N}{m}$$

Dónde:

%P = Contenido de proteína en porcentaje de masa

f = Factor para transformar el %N₂ en proteína, y que es específico para cada alimento

V = Volumen de HCl o H₂SO₄ N/10 empleado para titular la muestra en mL

N = Normalidad del HCl

EXTRACTO LIBRE NO NITROGENADO (ELnN). Por cálculo (13)

Dentro de este concepto se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos señalados anteriormente dentro del análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados; debido a que se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentajes calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

Cálculo

$$\%ELnN = 100 - \sum(\%H + \%C + \%F + \%Ex.E + \%P)$$

Dónde:

%ELnN = Porcentaje de carbohidratos digeribles

%H = Porcentaje de humedad

%C = Porcentaje de cenizas

%F = Porcentaje de fibra

%Ex.E = porcentaje de extracto etéreo o grasa

%P = Porcentaje de proteína

2.4.1.5 Análisis del valor nutracéutico del pan con mayor aceptabilidad y del pan testigo

DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA: Método de Weende. (Técnica utilizada en el laboratorio de alimentos de la Facultad de Ciencias - ESPOCH). (13)

Principio

La fibra es el residuo orgánico combustible e insoluble que queda después de que la muestra se ha tratado en condiciones determinadas.

El método se basa en la separación sucesiva de la ceniza, proteína, grasa y sustancia extraída libre de nitrógeno; la separación de estas sustancias se logra mediante el tratamiento con una solución débil de ácido sulfúrico diluido hirviendo e hidróxido de sodio diluido hirviendo, agua caliente y alcohol, éter, hexano o acetona, el residuo insoluble se colecta por filtración, se lava, seca y se pesa y lleva a la mufla para corregir la contaminación por minerales. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente.

Este tratamiento empírico proporciona la fibra que consiste principalmente de celulosa además de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra.

Procedimiento

- _ Pesar 2 g de muestra seca y desengrasada y colocar en el vaso de Berzellius con núcleos de ebullición y 250 mL de ácido sulfúrico al 1.25%.
- _ Colocar el vaso en el equipo y ajustar al condensador, subir la parrilla y calentar hasta ebullición.
- _ Mantener la ebullición por media hora exacta, contados a partir de que empieza a hervir.
- _ Desconectar el vaso del condensador, enfriar y filtrar al vacío.
- _ Lavar el vaso y el residuo del papel con 250 mL de agua destilada caliente.
- _ El residuo trasvasar cuantitativamente al vaso de Berzellius y añadir 250 mL de hidróxido de sodio al 1.25%.
- _ Colocar el vaso en el equipo y ajustar al condensador, subir la parrilla y calentar hasta ebullición.
- _ Mantener la ebullición por media hora exacta, contados a partir de que empieza a hervir.
- _ Desconectar el vaso del condensador, enfriar y filtrar por crisol de gooch conteniendo una capa de lana de vidrio y previamente tarado.
- _ Lavar el vaso con 250 mL de agua destilada caliente.
- _ Lavar por último con 15 mL de hexano o etanol.
- _ Colocar el crisol de gooch en la estufa a 105°C durante toda la noche, luego enfriar en el desecador y pesar.

- Colocar el crisol de gooch en la mufla a 550°C por media hora, enfriar en el desecador y pesar.

Cálculos

$$\%F = \frac{P_1 - P}{m} \times 100$$

Dónde:

%F= Fibra cruda o bruta en muestra seca y desengrasada expresado en porcentaje en masa

P₁ = Masa del crisol más el residuo desecado en la estufa en g

P = Masa del crisol más las cenizas después de la incineración en mufla en g

m = Masa de muestra seca y desengrasada tomada para la determinación en g

DETERMINACIÓN DEL CALCIO: Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica. (Técnica utilizada en el laboratorio de alimentos del CESTTA - ESPOCH). (8)

Principio

En la espectrofotometría de absorción atómica se calienta la muestra en una flama de aire – acetileno, se descompone en átomos e iones que absorben radiación visible o ultravioleta, con niveles de energías característicos del calcio.

Procedimiento

- Pesar aproximadamente 10 g de muestra previamente homogenizada y calcinar en la mufla a una temperatura de 550°C durante toda la noche.
- Anadir cuidadosamente 2 mL de ácido nítrico (1:1) por las paredes del crisol.
- Evaporar a sequedad y llevar a la mufla 2 horas más.
- Enfriar y agregar ácido clorhídrico concentrado, con una varilla raspar todas las cenizas; y filtrar a un matraz volumétrico de 25 mL y aforar con agua grado HPLC o bidestilada.
- Preparar las soluciones estándares para la curva de calibración.

- Ajustar el espectrofotómetro de absorción atómica con una lámpara de cátodo hueco en la línea a 422.7 nm y una flama de combustible enriquecido (aire-acetileno u óxido nitroso-acetileno).
- Atomizar agua a la flama y se ajusta el cero del instrumento.
- Atomizar sucesivamente las soluciones estándares, muestra y blanco, se lava muy bien el instrumento con agua entre una y otra inyección.
- Graficar las curvas de calibración con las soluciones estándares contra su contenido de calcio.
- Determinar el contenido de calcio de la muestra, a partir de la gráfica.

2.4.1.6 Análisis microbiológico del pan con mayor aceptabilidad

DETERMINACIÓN DE HONGOS (Mohos y levaduras).

MÉTODO DE RECuento: Siembra por extensión en superficie. (Técnica utilizada en el laboratorio de SAQMIC). (11)

Procedimiento

- Anadir a cada placa petri 20 mL de Agar Saboraud/cloranfenicol modificado fundido y enfriado a 45 – 50°C.
- Seque las superficies de las placas en la estufa a 50°C durante 30 minutos, sin tapa y con la superficie del agar hacia abajo.
- Preparar las muestras del alimento según lo indicado para la preparación y dilución de los homogenizados.
- Marcar 2 placas por dilución, tomar las correspondientes a las más altas y sembrar en cada una 1 mL de la disolución del respectivo tubo. Repetir esta operación con cada dilución hasta llegar a la más concentrada, usar siempre la misma pipeta, pero homogenizando 3 veces la dilución antes de sembrar cada placa. Sembrar mínimo tres diluciones.
- Extender las alícuotas de 1 mL sobre la superficie del medio, tan pronto como sea posible. Dejar secar las superficies de las placas por 15 minutos.

- Sellar las placas con parafilm, incubarlas en posición normal a 20 - 24 °C durante 3 a 5 días. O a temperatura ambiente durante 5 a 7 días. No mover las placas.

Cálculos

$$C = n \times f \times 10$$

Dónde:

C = Unidades Propagadoras de Colonias de hongos por g ó mL de producto

n = Número de colonias contadas en la placa

f = Factor de dilución

10 = Factor para convertir el inóculo a 1 mL

DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES

MÉTODO DE RECUENTO: Vertido en placa tipo sanduche. (Técnica utilizada en el laboratorio de SAQMIC). (11)

Procedimiento

- Preparar el homogenizado del alimento. Se puede utilizar el homogenizado y diluciones del recuento de microorganismos aerobios mesófilos.
- Pipetear en las placas petri, por duplicado alícuotas de 1 mL de cada una de las diluciones. A cada placa de petri conteniendo el inóculo adicionar 10 – 15 mL de agar bilis lactosa rojo neutro cristal violeta, fundido y a 45°C.
- Mezclar el contenido de las placas con movimientos de balanceo y rotación. Dejar solidificar la mezcla (5-10 minutos) sobre una superficie nivelada. A continuación adicionar otros 3 - 4 mL de medio fundido, para formar una capa que cubra la superficie del medio solidificado.
- Incubar las placas invertidas a 35 – 37°C durante 24 horas
- Elegir las placas que presente menos de 150 U.F.C. características. Las colonias características son de color rojo oscuro, diámetro mínimo 0.5 mm.
- Calcular el recuento de U.F.C.

Cálculos

$$C = n \times f$$

Dónde:

C = UFC de coliformes / g o mL de alimento

n = Número de colonias contadas en la placa petri

f = Factor de dilución

DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESÓFILOS

MÉTODO DE RECuento: Vertido en placa (NTE INEN 1529-5) (26)

Procedimiento

- Utilizando una sola pipeta estéril pipetear por duplicado alícuotas de 1 mL de cada una de las diluciones decimales en placas petri adecuadamente identificadas. Iniciar por la dilución de menor concentración.
- Inmediatamente, verter en cada una de las placas inoculadas aproximadamente 20 mL de agar para recuento en placa (PCA: Plate Count Agar) fundido y templado a $45 \pm 2^\circ\text{C}$. La adición del medio no debe pasar más de 15 minutos a partir de la preparación de la primera dilución.
- Delicadamente mezclar el inóculo de siembra con el medio de cultivo imprimiendo a la placa movimientos de vaivén, 5 veces en una dirección; hacerla girar en sentido de las agujas del reloj 5 veces. Repetir este proceso, pero en sentido contrario.
- Como prueba de esterilidad verter la cantidad de agar en una placa que contenga el diluyente sin inocular.
- Dejar reposar las placas para que se solidifique el agar.
- Invertir las placas e incubarlas a $31 \pm 1^\circ\text{C}$ por $48-72 \pm 3$ horas.
- Pasado el tiempo de incubación seleccionar las placas que presenten 30-300 colonias y contar todas las colonias que hayan crecido en el medio. Anotar el número de colonias y la respectiva dilución.

Cálculos

$$C = n \times f$$

Dónde:

C = UFC de microorganismos aerobios mesófilos / g ó mL de alimento

n = Número de colonias

f = Factor de dilución

2.4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos del análisis bromatológico y de la determinación de calcio de los panes de mayor aceptación y panes testigo fueron sometidos al análisis estadísticos de ANOVA de 1 factor, con los cuales se obtuvieron los datos numéricos. Para este análisis se utilizó el programa PASW Statistic 19 mediante los cuales se lograron establecer los resultados de este proyecto.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS DE LA DEGUSTACIÓN DENTRO DE LA EVALUACIÓN NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE PAN ELABORADO CON HARINA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)

Se realizó la prueba de degustación con las tres formulaciones de pan elaboradas con el 10%, 15% y 20% de harina de amaranto estallado, para determinar el tratamiento de mayor aceptabilidad.

Las pruebas de degustación se aplicaron a 96 niños y niñas del sexto y séptimo año de educación básica de las escuelas “Rosa Zárate” y “José Félix Heredia” de la parroquia Licto del cantón Riobamba. Para este efecto se utilizó la prueba hedónica facial de tipo preferencial, la cual abarcó los siguientes parámetros: me disgusta mucho, me disgusta, ni me gusta ni me disgusta, me gusta y me gusta mucho. (Ver Anexo 1)

En el cuadro N° 1 se observa los resultados de la prueba de degustación, las tres muestras obtuvieron buena aceptación. El 86,46% dieron a la muestra A calificaciones desde: me gusta hasta me gusta mucho, a la muestra B el 96,88% y a la muestra C el 98,96% . Considerando la poca diferencia existente entre la muestra B y C y el porcentaje de harina de amaranto estallado utilizado en las formulaciones, se eligió a la muestra C para

el análisis de la siguiente etapa, compararla con la muestra testigo (pan con 100% de harina de trigo).

CUADRO Nº 1. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS TRES FORMULACIONES DE PAN DE AMARANTO

	Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra A (10:90)	1	2	10	35	48	96
Muestra B (15:85)	1	0	2	43	50	96
Muestra C (20:80)	0	3	2	32	63	96

La muestra elegida (C) fue sometida a una valoración de las características externas e internas, por parte de 8 personas entrenadas de la Facultad de Ciencias - ESPOCH. Para este fin se recurrió al test de valoración numérica, la cual incluyó las siguientes características: color de la corteza, apariencia y simetría, sabor, color de la miga, textura de la miga y grano de la miga. (Ver Anexo 2)

En el cuadro Nº 2 se aprecia el promedio de los resultados de la valoración numérica del pan que tuvo mayor aceptación en la evaluación sensorial, demostrando que este pan está dentro de un nivel de aceptación por la norma INEN 530 (Harina de Trigo - Ensayo de Panificación) que manifiesta que un pan ideal es aquel que reúne un puntaje máximo de 100 puntos; y que el puntaje de aceptación debe alcanzar un mínimo de 50 puntos. La muestra analizada obtuvo 34,38 puntos más que lo mínimo requerido.

El resultado de la valoración numérica indica que la incorporación del 20% de harina de amaranto estallado en la formulación del pan, no afectó adversamente las características

externas e internas, resultados similares se reportaron por Bodroža-Solarov (2008) en la investigación: “Valor nutricional y uso de grano de amaranto en la fabricación del pan”

CUADRO N° 2. PROMEDIO DE CALIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS E INTERNAS DE 8 PANES DE LA FORMULACIÓN C

Características	Total (puntos)	Promedio (puntos)
Color de la corteza	120	15.00
Apariencia y Simetría	95	11.88
Sabor	65	8.13
Color de la miga	45	5.62
Textura de la miga	190	23.75
Grano de la miga	160	20.00
Total	675	84.38

3.2 EVALUACIÓN DE COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE PAN ELABORADO CON HARINA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*).

Para analizar los resultados estadísticamente, se empleó el test de ANOVA, ya que se comparan solamente dos tratamientos.

La evaluación de la composición nutritiva de las muestras C (20: 80) y T (testigo), incluyó: el contenido de humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra, proteína y extracto libre no nitrogenado. En el cuadro N° 3 se muestran los resultados obtenidos del análisis nutricional de las muestras analizadas.

CUADRO N° 3. RESULTADO PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL CONTENIDO NUTRICIONAL EN MUESTRAS ESTUDIADAS

Tratamiento	pH	Humedad (%)	Ceniza (%)	Extracto Etéreo (%)	Proteína (%)	Extracto Libre no Nitrogenado (%)
C (Pan con 20% harina de amaranto estallado)	6,12±0,1a	18,78±0,2b	2,00±0,0a	12,21±0,6a	10,61±0,3a	60,10±0,5b
T (Pan con 0% harina de amaranto estallado)	5,93±0,1b	22,22±0,1a	1,33±0,2b	8,62±0,3b	8,52±0,4b	63,28±0,3a

LETRAS DIFERENTES EN LA MISMA COLUMNA INDICAN DIFERENCIA ESTADÍSTICA SIGNIFICATIVA (P<0,05)

Con los resultados del test ANOVA comprobamos que existen diferencias significativas en la composición nutritiva entre el pan elaborado con harina de amaranto y el pan de trigo convencional, debido a que $P < 0.05$.

3.2.1 pH

En el cuadro N° 3 se muestra que el pH difirió estadísticamente ($P < 0.05$), determinándose el menor valor de pH en los panes de harina de trigo (T) con un promedio de 5.93 y mayor en los panes de amaranto (C), con un promedio de 6.12. Durante el proceso de fermentación es cuando tiene lugar el cambio del pH de la masa, sobre todo debido a la formación de ácido láctico: de un valor inicial de 6.2 la masa, a medida que aumenta el tiempo de fermentación va tomando valores de pH más bajos y transcurridas 3 horas alcanza el valor de 5.76 y después de 4 horas y media un pH de 5.67. Esto nos indica que el pan de la muestra T alcanzó una mayor fermentación en comparación con la muestra C ya que los dos fueron sometidos a los mismos tiempos de fermentación; este proceso depende fundamentalmente de la acción de las levaduras y también influye la acción de otros microorganismos. El ambiente ácido favorece la formación de redes del gluten, haciéndolo también más extensible y además da al producto final un grado de acidez que retrasa el desarrollo de mohos favoreciendo un tiempo mayor de conservación.

3.2.2 CONTENIDO DE HUMEDAD

Como se aprecia en el cuadro N° 3 el porcentaje de humedad presentó diferencias significativas ($P < 0.05$), el menor porcentaje de humedad fue el de la muestra C, con un promedio de 18.78 %, mientras que el de la muestra testigo fue de 22.22 %. Esto puede deberse a variaciones en el porcentaje de humedad de las harinas utilizadas ya que para los granos de amaranto estallado es de 2.2 % mientras que para la harina de trigo es de 14-15% según Cruz G. (2012) y Yúfera P. (1979), ya que durante el proceso de elaboración del pan con los diferentes tratamientos, la temperatura y el tiempo de cocción fueron las mismas, así también la formulación mantuvo el mismo porcentaje de agua, adicional a esto las muestras fueron empacadas al vacío para su posterior análisis.

3.2.3 CONTENIDO DE CENIZAS

De los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio para la determinación del contenido de cenizas se aprecia en el cuadro N° 3, se observan diferencias estadísticamente significativas, así el mayor contenido de cenizas presentó el pan de amaranto (C) con un promedio de 2.00 % y el menor valor el pan de trigo (T) con un promedio de 1.33 %

La diferencia en este parámetro radica en que la muestra C fue elaborada con harina de amaranto estallado, la misma que tiene un mayor contenido de minerales en comparación con la harina de trigo. Según Cruz G. (2012) el amaranto reventado posee 2.7 % de ceniza, comparado con la harina de trigo que tiene 0.4-0.8% según Yúfera P (1979), este efecto es positivo ya que la cantidad de cenizas indica el contenido de minerales, que según investigaciones realizadas por Bodroža-Solarov M. *et al.* (2008) entre ellos se encuentran: calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio, cobre, manganeso, zinc, etc.

3.2.4 CONTENIDO DE EXTRACTO ETÉREO

Con respecto al contenido de extracto etéreo (Cuadro N° 3), la muestra C tiene un 12.22 %, mientras que la muestra T tiene 8.63%, esto se debe a que el amaranto reventado tiene altas cantidades de compuestos lipídicos. Según Cruz G. (2012) presenta 4.0% comparando con la harina de trigo que tiene 0.5-0.7 % y la investigación de Monteros C. *et al.* (1994) hace referencia a los granos no estallados los cuales presentan aún mayor porcentaje de grasa 7,31%. Este nutriente sería favorable siempre y cuando se conserve los ácidos grasos insaturados del amaranto que corresponden al 76% especialmente el ácido linoléico según Bodroža-Solarov M. *et al.* (2008). Debido a que la grasa contribuye al sabor y textura del pan, ésta se añade como ingrediente en la elaboración de productos de panadería.

3.2.5 CONTENIDO DE PROTEÍNA

Como se observa en el cuadro N° 3 el contenido de proteína presentó diferencias estadísticamente significativas, determinándose un mayor contenido de proteína en los panes elaborados con harina de amaranto estallado (C) con un promedio de 10.61 % y el menor contenido en los panes elaborados con la harina de trigo que corresponde al 8.52 %, esto se debe al aporte de proteína por parte del amaranto estallado que contiene 12.2 % en tanto que la harina de trigo solo tiene el 7-12 % de proteína según Cruz G. (2012) y Yúfera P (1979).

Pese a ello no se puede sustituir totalmente la harina de trigo en la elaboración del pan, debido a que el trigo tiene proteínas que se llaman gliadinas y glutelinas que forman el gluten el cual es responsable de la elasticidad de la masa de harina en panadería, lo que permite que junto con la fermentación el pan obtenga volumen, así como la consistencia elástica y esponjosa de los panes y masas horneadas. El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina y el hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas. Por lo tanto para hacer pan siempre debe haber harina que aporte con gluten.

La principal proteína en el amaranto, descubierta y bautizada como amarantina es superior nutricional y funcionalmente a cualquier otra proteína vegetal conocida hasta ahora, ya que presenta un buen equilibrio a nivel de aminoácidos, incluyendo la lisina, esencial en la alimentación humana y que no suele encontrarse (o en poca cantidad) en la mayoría de los cereales. Los niveles de lisina son superiores a los de todos los cereales, igualmente presenta adecuadas cantidades de triptófano y aminoácidos sulfúricos, ausentes en otros vegetales.

3.2.6 CONTENIDO DE EXTRACTO LIBRE NO NITROGENADO

En el cuadro N° 3 se observa los resultados del contenido de Extracto Libre no Nitrogenado que indica la cantidad de azúcares y almidón presentes en el alimento, es decir sus carbohidratos digeribles, los cuales presentan diferencia significativa, observándose que existe mayor contenido de este parámetro en los panes de harina de trigo (T), con un promedio de 63.28 % y en los panes elaborados con harina de amaranto (C) se obtuvo 60.10%.

Esto se debe a que la harina de trigo que tiene altas concentraciones de polisacáridos especialmente de almidón, monosacáridos y disacáridos; aporta al extracto libre no nitrogenado de los panes, además este parámetro se encuentra en menor porcentaje en los panes con harina de amaranto porque tiene elevado los porcentajes del resto de los elementos nutricionales (humedad, ceniza, extracto etéreo, fibra y proteína).

3.3 EVALUACIÓN DE COMPOSICIÓN NUTRACÉUTICA DE PAN ELABORADO CON HARINA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*).

Para este propósito se comparó el contenido de Calcio y Fibra. Cabe señalar que las determinaciones de calcio se realizaron por triplicado para el pan con amaranto (C) mientras que para el pan de trigo (T) la determinación del calcio se tomó de tres referencias bibliográficas.

3.3.1 CONTENIDO DE FIBRA

Los valores de fibra se observa en el cuadro N° 4, muestran diferencia estadísticamente significativa, la muestra C tiene un promedio de 1.36 % mientras que menor cantidad de fibra se muestra en los panes elaborados con la harina de trigo (T) con un promedio de 0.16%. Este incremento corresponde a la contribución de la fibra por parte del amaranto estallado que es de 3.4 %, mientras que la de harina de trigo tiene 0.1% de fibra según Cruz G. (2012).

Este resultado es beneficioso ya que la fibra a más de ser un nutriente es un componente nutracéutico para evitar y/o combatir enfermedades relacionadas con el tracto digestivo.

3.3.2 CONTENIDO DE CALCIO

El contenido de calcio en la presente investigación presentó diferencias estadísticas ($P < 0.05$), estableciéndose el mayor contenido de calcio en los panes elaborados con harina de amaranto, con un promedio de 56.06 mg/100g y el menor contenido en los panes de harina de trigo con un promedio de 29.74 mg/100g, estos datos se pueden observar en el cuadro N° 4. Este incremento se debe al aporte de calcio por parte del amaranto que tiene una concentración de 0.14 % mientras que el trigo contiene 0.02 % de calcio según Monteros C. *et al.* (1994).

Este efecto es favorable debido a que el calcio es un mineral que se recomienda administrar en estados patológicos y fisiológicos como es en la niñez, embarazo, lactancia, osteoporosis, etc. y que mejor forma si se la obtiene de una fuente de alimento de consumo masivo.

CUADRO N° 4. RESULTADO DEL CONTENIDO FIBRA Y CALCIO

Tratamiento	Fibra (%)	Calcio (mg/100g)
A (Pan con 20% harina de amaranto estallado)	1,37±0,0a	56,06±0,2a
T (Pan con 0% harina de amaranto estallado)	0,16±0,0b	29,74±8,4b

3.4 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE PAN ELABORADO CON HARINA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*).

Este análisis se efectuó por triplicado solo en los panes elaborados con el 20% de harina de amaranto estallado (Muestra C), debido a que los panes con el 100 % de harina de trigo (Muestra T) se elaboraron en las mismas condiciones ambientales y sanitarias; los resultados se presentan en el cuadro N° 5.

CUADRO N° 5. RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

	Microorganismos		
	Coliformes Totales (UFC/g)	Recuento de Aerobios Mesófilos (UFC/g)	Mohos y Levaduras (UFC/g)
(C) Pan con 20% harina de amaranto estallado	150±242,49	14943±6680,06	4480±1661,42

Se realizó el análisis microbiológico a los 4 días de haber sido elaborado el producto. Las muestras se conservaron empacadas al vacío. Los resultado microbiológicos fueron comprados con la NTE INEN 2 085 Primera revisión: Galletas – Requisitos (Ver Anexo 3), debido a que no existen requisitos microbiológicos en la norma NTE INEN 95 Primera revisión: Pan Común – Requisitos. Los resultados para aerobios mesófilos fue

14943 UFC/g que está dentro de los límites, mientras que para coliformes totales el resultado fue de 150 UFC/g éste valor está fuera del límite permitido para galletas que es de 100 UFC/g y para mohos y levaduras fue 4480 UFC/g que también está fuera del límite permitido ya que la norma acepta un máximo de 500 UFC/g

Al encontrarse los dos últimos recuentos microbiológicos fuera de los límites máximos de aceptación de acuerdo a la NTE INEN 2 085, se debería considerar un parámetro muy indispensable para el desarrollo de los mismos, que es el porcentaje de humedad que de acuerdo a las dos normas son: para el pan blanco debe ser máximo 35% y para las galletas debe ser máximo 10%;

según Gimferrer N. (2008) es determina que los alimentos con baja actividad del agua (a_w) se conservan en óptimas condiciones durante períodos más largos de tiempo y por el contrario, aquellos cuya actividad de agua es elevada están sometidos a contaminación microbiana y su conservación es mucho más delicada, es decir que cuando menor es la actividad de agua de un alimento mayor es su vida útil, estableciendo que el pan tiene $a_w=0.93-0.98$ y las galletas tiene $a_w < 0.60$.

En base al porcentaje de humedad y a la actividad del agua se debería considerar los requisitos microbiológicos para el pan haciéndolo un poco más amplio el rango de los requisitos microbiológicos para las galletas, entonces podríamos deducir que nuestro producto si se encuentra dentro de los límites aceptables de microorganismos. Lo cual indica que el proceso de elaboración de pan fue adecuado, el control de calidad e inocuidad fue efectivo. Considerando que la muestra C presentó mayor porcentaje de humedad, la muestra T debería tener igual o menor cantidad de dichos microorganismos.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES

1. El desarrollo de esta investigación permitió demostrar que es posible la elaboración de Pan a base de harina de amaranto estallado y harina de trigo, sin diferencias significativas en sus características organolépticas.
2. Se comprueba la hipótesis alternativa planteada en el proyecto de esta investigación, por cuanto el pan con mayor proporción de harina de amaranto estallado tiene mayor aceptabilidad y mejor valor nutritivo y nutracéutico que el pan de harina de trigo.
3. Se evaluó el pan de mayor aceptabilidad, determinando su valor nutritivo, nutracéutico y calidad sanitaria, mediante los análisis bromatológico y microbiológico los cuales nos demuestran que al adicionar harina de amaranto estallado en la preparación de la masa de pan incrementa su valor nutritivo y nutracéutico debido a que los resultados obtenidos de pan con 20% de harina de amaranto estallado (Muestra C) frente a un pan testigo (Muestra T) son superiores existiendo así un mayor aporte nutricional.
4. El pan con harina de amaranto estallado por contener un porcentaje considerable de fibra debe incorporarse en la dieta de las personas que padezcan de estreñimiento, tránsito intestinal lento y enfermedades digestivas relacionadas, para que de esta manera se consiga alivio y/o se prevenga dichos padecimientos consumiendo este alimento nutracéutico; del mismo modo se recomendaría a personas con problemas de deficiencias de calcio ya que contiene niveles elevados de este mineral en relación a un pan convencional.

CAPÍTULO V

5 RECOMENDACIONES

- 1 Se sugiere que este producto sea usado en el desayuno escolar porque contiene ingredientes de alto valor nutricional y nutracéutico, especialmente para niños en edad escolar y para personas adultas que quieran complementar su dieta diaria.
- 2 Se recomienda utilizar otras harinas de alto valor proteico para la elaboración de pan por lo que es un producto de consumo masivo con el fin de complementar o llenar algunos de los requerimientos nutricionales y poder contar con innumerables beneficios que nos ofrecen para la salud.
- 3 Es necesario tomar todas las medidas de asepsia posibles antes, durante y después del proceso de elaboración del pan, para evitar la contaminación y la proliferación de microorganismos no deseados en estos productos.
- 4 Se recomienda realizar en posteriores investigaciones la determinación de otros minerales como son magnesio, potasio, hierro, etc., para caracterizar más a fondo el valor nutracéutico de este pseudo cereal y sus posibles aplicaciones industriales. Y si fuese posible determinar la capacidad de absorción en el organismo.
- 5 Se debe realizar una nueva investigación con porcentajes de harina de amaranto estallado superior a los establecidos en este estudio y con otras variedades de amaranto.
- 6 Que se amplíe la investigación a nivel industrial para una gama de productos alimenticios que tenga como base la harina de amaranto, tales como: tortas, galletas, snacks entre otros.

CAPÍTULO VI

6 RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó la elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan con harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) en la panadería Santy de la ciudad de Riobamba y en los laboratorios de la ESPOCH.

Se utilizó los ingredientes más la harina de amaranto estallado, instrumentos, equipos y el método manual de la Norma Técnica N° 530 (Harina de trigo: ensayo de panificación) para la preparación de pan obteniéndose tres formulaciones 10%, 15% y 20% con harina de amaranto estallado; luego se realizó pruebas de degustación a una población de 96 alumnos de las Escuelas “Rosa Zárate” y “José Félix Heredia” de la parroquia Licto, cantón Riobamba, para este efecto se aplicó la prueba hedónica facial de tipo preferencial.

El resultado de la degustación determinó que el pan con el 20% de harina de amaranto estallado fue de mayor aceptación, el mismo que fue sometido a análisis bromatológico y microbiológico conjuntamente con el pan testigo, obteniéndose los siguientes resultados: ceniza (2.00% y 1.33%), extracto etéreo (12.21% y 8.62%), fibra (1.37% y 0.16%), proteína (10.61% y 8.52%), calcio (56.06% y 29.74%) y ELnN (60.10% y 63.28%), respectivamente.

Como en el análisis microbiológico no se observó un crecimiento microbiano elevado, el proceso de elaboración fue adecuado, el control de calidad e inocuidad fue efectivo. Se concluyó que el producto obtenido incrementó significativamente el valor nutritivo y nutracéutico que recomiendo ser incluido en la dieta diaria con el propósito de combatir la desnutrición y ayudar a prevenir y/o aliviar ciertas enfermedades del ser humano tales como estreñimiento, osteoporosis, reducir el colesterol.

SUMMARY

In this research was carried out the production and evaluation of nutritional and nutraceutical bread with amaranth flour in the bakery “Santy” in Riobamba, and ESPOCH laboratories.

It was used the ingredients plus the burst amaranth flour, tools, equipment and the manual method of Technical Standard N° 530 (Wheat flour: test planning) for the preparation of bread obtained three formulations 10%, 15% and 20% with burst amaranth flour. Then, it was made a taste test to 96 students of “Rosa Zarate” and “Jose Felix Heredia” schools in Licto parish, Riobamba city, to this effect was applied a facial hedonic preferential type test.

The result of tasting bread determined that 20% of bust amaranth flour was more accepting, it was subjected to a bromatological analysis and microbiological, together with the control bread, with the following results: ash (2.00% and 1.33%), ether extract (12.21% and 8.62%), fiber (1.37% and 0.16%), protein (10.61% and 8.52%), calcium (56.06% and 29.74%), and the Free Extract non Nitrogen (60.10% and 63.28%), respectively.

As in the microbiological analysis it was not observed a high microbial growth, the production process was appropriate, the quality and safety control was effective. It was concluded that the product obtained significantly increased the nutritional and nutraceutical value and it is recommended include it in daily diet in order to keep under control the malnutrition and help to prevent and/or relieve certain human diseases such as constipation, osteoporosis, and lowering high cholesterol.

CAPÍTULO VII

7 BIBLIOGRAFÍA

1. **ABRAIRA, V. PÉREZ DE VARGAS, A.,** Bioestadística., Madrid-España., Centro de Estudios Ramón Areces., 1996., Pp. 251-255.
2. **ALONSO DE LA PAZ, F.,** El libro del pan y de la leche., Madrid- España., Libsa-Ágata., 2000., Pp. 16-19.
3. **ANZALDÚA, A.,** La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica., Zaragoza- España., Acribia., 1994., Pp. 198.
4. **BADUI, S.,** Química de los Alimentos., 4a.ed., D.F. México- México., Pearson., 2006., Pp. 224-226, 230-231.
5. **BILHEUX, R. y otros.,** El libro del pan., Tomo I., Trad. Cháves Y., Madrid-España., Otero-Garriga., 2002., Pp. 10-50.

6. **BROKS, G. y otros.,** Microbiología Médica de Jawetz: melnick y adelberg., 16a. ed., D.F. México- México., Manual Moderno., 1999., Pp. 899.

7. **CHEFTEL, H. y CHEFTEL, J.,** Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos., Vol. I., Trad. López F., Zaragoza-España., Acribia., 2000., Pp 104-116.

8. **EGAN, H. KIRK, R. y SAWGER, R.,** Composición y análisis de alimentos de Pearson., 2da. ed., Trad. 9na. ed. Ríos J., D.F. México-México., Continental., 2002., Pp.314, 341-347.

9. **ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA.,** Barcelona-España., Grupo Océano., Pp. 339.

10. **ESTRELLA, E.,** El pan de América., 3a. ed., Quito-Ecuador., Abya-Yala., 1990., Pp. 101-102,181.

11. **GALLEGOS, J.,** Manual de Prácticas de Microbiología de Alimentos., 2a. ed., Riobamba-Ecuador., Docu-Centro Soluciones Integrales., 2007., Pp. 14-16, 33-35, 45-46.

12. **LÓPEZ, A.,** Cocina fácil., Madrid-España., Cultural., 2001., Pp. 214-221.

13. **LUCERO, O.**, Técnicas de Laboratorio de Bromatología y Análisis de Alimentos - Resumen de la cátedra de Bromatología., Riobamba-Ecuador., Centro de Copiado Xerox., 2011., Pp. 6-20.

14. **MOREANO, S.**, Prácticas de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental., Riobamba-Ecuador., E-copycenter., 2007., Pp. 47-58.

15. **PÉREZ, M. y POZUELO, J.**, Repostería: hostelería y turismo., 2a ed., Madrid-España., Thomson-Paraninfo., 2006., Pp. 195-213.

16. **RIOBAMBA, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.**, Tabla de Composición de alimentos ecuatorianos INNE 1965., Riobamba-Ecuador., Departamento de publicaciones – ESPOCH., 1990., Pp. 18, 20.

17. **SOTO, R.**, Panadería y pastelería: Como iniciar tú negocio., Lima-Perú., Palomino., Pp. 7-25.

18. **TRIPLA, M.**, Estadística Elemental., 7a. ed., D.F. México-México., Continental., 2002., Pp. 573-583.

19. **WITTTIG DE PENNA, E.**, Evaluación sensorial., Santiago de Chile-Chile., USACA., 1998., Pp. 1-150.

20. YÚFERA, P., Química Agrícola III., España., Alhambra., 1979., Pp. 26-67.
21. BODROŽA-SOLAROV, M. y otros., **Quality** of bread supplemented with popped *Amaranthus cruentus* grain., Journal of Food Process Engineering., Volumen 31: 602 – 618., 2008.
22. LARA, N. RUALES, J., Popping of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) and its effect on the functional, nutritional and sensory properties., Journal of the Science of Food and Agriculture., Volumen 82: 797 – 805., Quito-Ecuador., 2002.
23. **CREA TU PROPIA MICRO EMPRESA.**, Panificación básica., Colección en industria alimentaria serie N° 6., Lima-Perú., Macro E.I.R.L., 2000., 105 Pp.
24. MONTEROS, C. y otros., INIAP – ALEGRIA: Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana., Boletín divulgativo N° 246., Quito-Ecuador., 1994., 24 Pp.
25. NIETO, C., El cultivo de amaranto, *Amaranthus spp*, una alternativa agronómica para Ecuador-INIAP., Publicación miscelánea No. 52., Quito-Ecuador., 1989., 28 Pp.

- 26. ECUADOR – INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)**
Control Microbiológico de los Alimentos: Determinación del Número de Microorganismos Aerobios Mesófilos REP., N.T.E. N° 1 529-5., Quito-Ecuador., 1990., Pp. 1-4.
- 27. ECUADOR – INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)**
Galletas: Requisitos., N.T.E. N° 2 085., Quito-Ecuador., 2005., Pp. 2.
- 28. ECUADOR – INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)**
Harina de Trigo: Ensayo de Panificación., N.T.E. N° 530., Quito-Ecuador., 1980., Pp. 1-10.
- 29. ECUADOR – INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)**
Harina de trigo: Requisitos., N.T.E. N° 616., Quito-Ecuador., 2006., Pp. 1-4.
- 30. ECUADOR – INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)**
Pan común: Requisitos., N.T.E. N° 95., Quito-Ecuador., 1979., Pp. 1-6.
- 31. ECUADOR – INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)**
Pan: Terminología., N.T.E. N° 93., Quito-Ecuador., 1976., Pp. 1-2.

- 32. ARROBO, A., PEÑAFIEL, C.,** Evaluación de amaranto (*Amaranthus caudatus*) como alternativa alimenticia en tilapia roja (*Oreochromis spp*) y cachama (*Colossoma Macropomum*) en Santo Domingo de los Tsáchilas., Escuela Politécnica del Ejército., Facultad de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias., Escuela de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias., Santo Domingo los Tsáchilas - Ecuador., **TESIS.**, 2008., Pp. 4-27.
- 33. BARRIONUEVO, M.,** Elaboración y evaluación nutricional de galletas con cebada y frutilla deshidratada., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2011., Pp. 14-31, 38-51.
- 34. CABEZAS, A.,** Elaboración y evaluación nutricional de galletas con quinua y guayaba deshidratada., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2010., Pp. 3-15, 27-33, 36-39.
- 35. CAJAMARCA, E.,** Evaluación nutricional de la oca (*Oxalis tuberosa sara-oca*) fresca, endulzada y deshidratada en secador de bandejas., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2010., Pp. 41-44, 46-49.

- 36. CRUZ, G.,** Determinación del perfil nutricional para el etiquetado de los productos de amaranto de la Fundación FORTIORI., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2012., Pp. 26-42, 75-86.
- 37. FIGUEROA, J., ROMERO, A.,** Evaluación agronómica de catorce accesiones de amaranto (*Amaranthus ssp*) en el cantón Caluma, provincia Bolívar., Universidad Estatal de Bolívar., Facultad de Ciencias Agropecuarias., Escuela de Ingeniería Agronómica., Guaranda-Ecuador., **TESIS.**, 2008., Pp. 4-9, 16-20.
- 38. LANDÁZURI, C.,** Evaluación de los niveles de proteína en harina de amaranto de la variedad alegría tras el procesamiento por cinco métodos., Escuela Politécnica del Ejército., Departamento de Ciencias de la Vida., Escuela de Ingeniería en Biotecnología., Sangolquí -Ecuador., **TESIS.**, 2008., Pp. 4-11.
- 39. TOAPANTA, I.,** Microempresa productora de harina de amaranto., Escuela Politécnica del Ejército., Departamento de Ciencias Administrativas Económicas y de Comercio., Carrera de Ingeniería Comercial., Sangolquí-Ecuador., **TESIS.**, 2009., Pp. 2-22.
- 40. TUSTÓN, S.,** Adaptación de cinco líneas de amaranto de grano blanco *Amaranthus caudatus* y cinco líneas de ataco o sangorache *Amaranthus hybridus* en los cantones Otavalo y Antonio Ante., Universidad Técnica del Norte., Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales., Escuela de Ingeniería Agropecuaria., Ibarra-Ecuador., **TESIS.**, 2007., Pp. 4-10.

BIBLIOGRAFÍA – INTERNET

41. ADAPTACIÓN DEL AMARANTO EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA

<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap3.htm>

m

2011-12-10

42. ALIMENTOS FUNCIONALES

<http://www.eufic.org/article/es/expid/basics-alimentos-funcionales/>

2011-12-16

43. ALIMENTOS FUNCIONALES

<http://www.vitonica.com/categoria/alimentos-funcionales>

2011-12-15

44. ALIMENTACIÓN Y SALUD - ALIMENTOS FUNCIONALES Y SU VALOR NUTRACÉUTICO

<http://www.region.com.ar/productos/semanario/archivo/684/alimentos684.htm>

m

2011-12-13

45. AMARANTO HOY: SECRETOS ANTICANCERÍGENOS DEL AMARANTO

<http://amarantohoy.blogspot.com/2011/03/secretos-anticancerigenos-del-amaranto.html>

2011-12-10

46. AMARANTO: UN PEQUEÑO GRAN TESORO

<http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/2938/Amaranto-Un-pequeno-gran-tesoro.html#content-top>

2011-12-10

47. ASOCIACIÓN MEXICANA DEL AMARANTO. AMARANTO, EL MEJOR ALIMENTO DE ORIGEN VEGETAL

<http://www.amaranto.com.mx/salud/propiedades/propiedades.htm>

2012-01-18

48. CURRÍCULO SAN MIGUEL

http://www.sanmiguel.com.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=24&Itemid=49

2012-01-19

49. DESNUTRICIÓN EN EL ECUADOR

http://ecuador.nutrinet.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=58

2012-12-09

50. DESNUTRICIÓN INEC

http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com_remository&func=fileinfo&id=1037&Itemid=420&lang=en

2012-12-09

51. EL AMARANTO, UNA PLANTA CON NUMEROSOS BENEFICIOS

http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/alimentacion_alternativa/2008/11/03/115553.php

2011-12-10

52. EL AMARANTO, UN SUPERALIMENTO

http://www.visionchamanica.com/alimentacion_sana/Amaranto.htm

2011-12-10

53. EL PORTAL DEL AMARANTO: SAN MIGUEL DE PROYECTOS AGROPECUARIOS, S.P.R. DE R.S.

<http://www.amaranto.org.mx/article/articleview/136/1/29>

2011-12-10

54. EL VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS

<http://www.rena.edu.ve/SegundaEtapa/ciencias/valornutritivo.html>

2011-12-15

55. LAS BUENAS NOTICIAS TAMBIÉN SON NOTICIA

<http://fox.presidencia.gob.mx/buenasnoticias/?contenido=26490&pagina=48>

2012-12-09

56. LA IMPORTANCIA DEL AMARANTO

http://www.astroseti.org/noticia/1749/la_importancia_del_amaranto

2011-12-10

57. MEMORIAS DEL CONCURSO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS XXIII CONGRESO NACIONAL AMMFEN

http://www.respyn.uanl.mx/especiales/.../seccion_%20nuevo_producto.pdf

2012-01-20

58. PAN Y PASTAS ALIMENTICIAS: ESTUDIO BROMATOLÓGICO

<http://es.scribd.com/doc/34072165/Pan-y-Pastas-Alimenticias>

2011-11-29

CAPÍTULO VIII

8 ANEXOS

ANEXO Nº 1. MODELO DE LA FICHA DE ENCUESTA PARA EL TEST DE DEGUSTACIÓN Y EVALUACIÓN SENSORIAL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

Estamos desarrollando el trabajo de investigación titulado “Elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan con harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*)”, para lo cual solicitamos de la manera más comedida su colaboración respondiendo el siguiente test con honestidad.

Tipo: Preferencia

Método: Prueba hedónica facial

Producto: Pan

Instituto: _____

Nivel: _____

Fecha: _____

Instrucciones: Observe y pruebe cada una de las tres muestras de pan que se presentan. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra, haciendo una X en la línea correspondiente a la figura apropiada en cada una de las muestras.

Muestra de Pan ⬆					
	Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta Ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
	_____	_____	_____	_____	_____

Muestra de Pan ⬆					
	Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta Ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
	_____	_____	_____	_____	_____

Muestra de Pan ⬆					
	Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta Ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
	_____	_____	_____	_____	_____

ANEXO Nº 2. MODELO DE LA FICHA DE ENCUESTA PARA EL TEST DE DEGUSTACIÓN Y EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA VALORACIÓN NUMÉRICA

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

Estamos desarrollando el trabajo de investigación titulado “Elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan con harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*)”, para lo cual solicitamos de la manera más comedida su colaboración.

Tipo:
Método:
Producto: Pan

Nombre: _____
Fecha: _____
Hora: _____

Instrucciones: Observe y sírvase degustar cada una de las tres muestras de pan que se presentan a continuación. Califique las características de cada muestra, haciendo una X en la línea correspondiente al puntaje que considere apropiado.

Características		Puntaje	Muestra de Pan ♥
Color de la corteza	Dorado	15 puntos	
	Pálido	10 puntos	
	Muy pálido	5 puntos	
	Oscuro	0 puntos	
Apariencia y Simetría	Muy bueno	15 puntos	
	Bueno	10 puntos	
	Regular	5 puntos	
	Malo	0 puntos	
Sabor	Muy agradable	10 puntos	
	Agradable	5 puntos	
	Desagradable	0 puntos	
Color de la miga	Blanco	10 puntos	
	Crema	5 puntos	
	Gris	0 puntos	
Textura de la miga	Muy buena	30 puntos	
	Buena	20 puntos	
	Regular	10 puntos	
	Mala	0 puntos	
Grano de la miga	Bueno	20 puntos	
	Regular	10 puntos	
	Malo	0 puntos	

¡Gracias!

**ANEXO Nº 3. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DE NTE INEN 2 085 PRIMERA REVISIÓN:
GALLETAS – REQUISITOS**

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
R.E.P. ufc/g	3	$1,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	1	NTE INEN 1529-5
Mohos y levaduras upc/g	3	$2,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-10
Estafilococos aureus					
Coagulasa positiva ufc/g	3	$< 1,0 \times 10^2$	--	0	NTE INEN 1529-14
Coliformes totales ufc/g	3	$< 1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-7
Coliformes fecales ufc/g	3	ausencia	--	0	NTE INEN 1529-8

En donde:

- n número de unidades de muestra
- m nivel de aceptación
- M nivel de rechazo
- c número de unidades entre m y M

**ANEXO Nº 4. FOTOGRAFÍAS DE ELABORACIÓN DE PAN CON 20% DE HARINA DE
AMARANTO A NIVEL DE LABORATORIO**

○ **Mezclado y Amasado**



○ **Primera Fermentación**



- **Boleado, Cortado y Segunda Fermentación**



- **Cocción**



- **Enfriado**



ANEXO Nº 5. FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

○ En la Escuela “Rosa Zárate”



○ En la Escuela “José Félix Heredia”



ANEXO Nº 6. FOTOGRAFÍAS DE ANÁLISIS NUTRITIVO

○ Determinación de pH



○ **Determinación de Humedad**



○ **Determinación de Cenizas**



○ **Determinación de Extracto Etéreo**



○ **Determinación de Proteínas**



ANEXO Nº 7. FOTOGRAFÍAS DE ANÁLISIS NUTRACÉUTICO

○ **Determinación de Fibra**



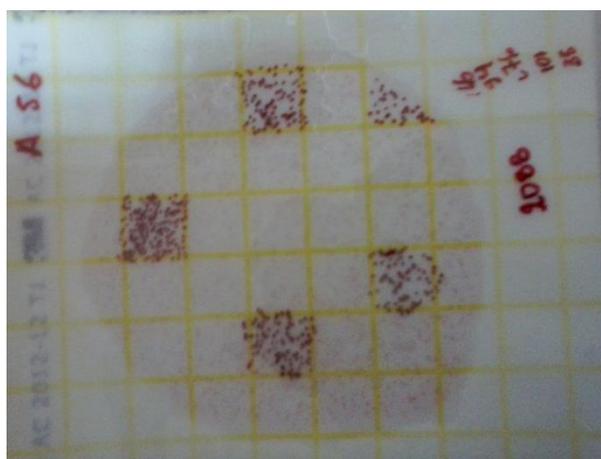
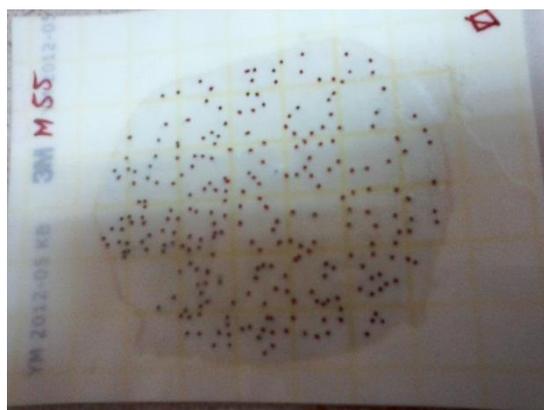
○ **Determinación de Calcio**



Continuación Determinación de Calcio



ANEXO Nº 8. FOTOGRAFÍAS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



ANEXO Nº 9. INFORME DE RESULTADOS DE DETERMINACIÓN DE CALCIO EN PAN CON 20% DE HARINA DE AMARANTO

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR
---	--

INFORME DE ENSAYO No: 0460
ST: 12 – 0042 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario: Srta. Mónica Pilataxi
Atn. N.A
Dirección: Barrio La Inmaculada

FECHA: 07 de Mayo del 2012
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 04/ 23 – 13:05
FECHA DE MUESTREO: 2012 / 04/ 19 – 18:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2012/ 04/ 23– 2012 /05 / 01
TIPO DE MUESTRA: PAN
CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-Alm 085-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: N.A
PUNTO DE MUESTREO: N.A
ANÁLISIS SOLICITADO: Calcio
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Mónica Pilataxi
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15 °C

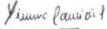
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Calcio	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	mg/100g	56,21	-
Calcio	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	mg/100g	56,12	-
Calcio	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	mg/100g	55,85	-

OBSERVACIONES:

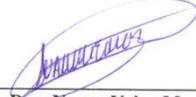
- Muestra receptada en laboratorio.

RESPONSABLES DEL INFORME:



BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
 E INSPECCION
 LAB - CESTTA
 ESPOCH



Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO