

**DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE PANADERÍA CON HARINA DE
QUINUA**

(Chenopodium quinoa Willd)

DIANA PAOLA GARCÍA GARCÍA

Director

NESTOR ALGECIRA

Ing. Químico

Codirector

RICARDO CEPEDA

Ing. Agrónomo M.Sc.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PROGRAMA INTERFACULTADES

BOGOTA D.C.

2011

**DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE PANADERÍA CON HARINA DE
QUINUA**
(Chenopodium quinoa Willd)

DIANA PAOLA GARCÍA GARCÍA
Código. 107475

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos

DIRECTOR:

ING. NESTOR ARIEL ALGECIRA ENCISO

Codirector

RICARDO CEPEDA
Ing. Agrónomo M.Sc.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA INTERFACULTADES
BOGOTA D.C.

2011

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que me ayudaron y me colaboraron en todo lo que necesité, a mi familia por hacer esto posible, a mi director y codirector de tesis quienes tuvieron mucha paciencia desde el principio de este proyecto.

A mis amigos por apoyarme en todo, a ACUNAR por estar pendiente de los avances de este trabajo y dar la idea a la industria de panificación.

A Industrias Karen por proveer las materias primas, al sr Helmuth por haberme permitido aprender muchas cosas acerca de la industria del trigo y de la panificación.

A la Universidad Nacional por enseñarme a crecer tanto profesional como personalmente y darme la oportunidad de aprender.

RESUMEN

Para este trabajo, se plantea obtener harina de quinua específicamente de la variedad Nariño usando como materia prima el grano (*Chenopodium quinoa Willd*), actuando como sustituto parcial de la harina de trigo en el proceso de panificación en diferentes proporciones de inclusión. Para esto se adecuó la materia prima extrayendo las saponinas del grano con lavado y posterior secado con aire caliente, se realiza la molturación del grano y se encontró que el 100% de este se convierte en harina de quinua con un tamaño de partícula apropiado para utilizarla en la panificación, se utilizó mezclas de harina de quinua con harina de trigo (0%,10%, 20% y 30%), se busca con esto, conocer y aprovechar las ventajas a nivel nutricional de este grano tan poco conocido y por ende poco comercializado, que puede ser fuente de proteína de calidad, utilizándose en panificación, para que pueda involucrarse en la dieta de la población humana.

Se evaluaron las características fisicoquímicas del grano de quinua y de la harina de trigo marca comercial. Se realizó la evaluación sensorial del producto terminado con un panel de catación no entrenado de edades muy cercanas (entre 18 y 25 años) por medio del método descriptivo de puntajes, se analizaron los resultados obtenidos por medio del método estadístico ANOVA, dando como resultado que las muestras no tenían diferencias significativas entre los diferentes porcentajes, sin embargo, se observó que el color aumenta a medida que la proporción de harina de quinua aumentaba al igual que se presentaron algunos sabores característicos propios de la quinua y se

evidenció un cambio de volumen importante al comparar todos los porcentajes de inclusión ente sí.

El tratamiento que reportó el mejor nivel de aceptación sensorial frente al panel sensorial y a los datos de volumen fue el elaborado con 10% de harina de quinua y 90% de harina de trigo, además hay un aumento de 2.2% de proteína en la formulación de 20% con respecto a la del 10%.

Palabras Clave: *pseudocereal, harina de quinua, % de proteína, ANOVA, evaluación sensorial, propiedades organolépticas, panificación, calidad nutricional.*

ABSTRACT

In this research, quinoa flour was obtained from Nariño variety as raw material in grain (*Chenopodium quinoa* Willd). The quinoa was adapted by remove of the grain saponins and drying with hot air. It use was tested in baking mixes using quinoa flour with wheat flour, to know and use the nutritional levels of this grain so little known and marketed, that can be a source of quality protein, used in baking and engage in the human diet.

Physiochemical characteristics of quinoa grain and wheat flour brand were evaluated. Sensory evaluation of the finished product was made with a not trained tasting panel with closer ages (between 18 and 25) using the descriptive method of scoring. The results were analyzed by ANOVA statistical method, which indicate that the samples had no significant differences between the different percentages. However, it was observed that the color was intensified in proportion to the quinoa flour content, in the same way that some tastes are evident characteristics of quinoa and a significant volume change was observed when comparing the percentages of inclusion among themselves.

The product that reported the better sensory acceptance level against the tasting panel was made with 10% of quinoa flour and 90% of wheat flour.

Keywords: *Pseudocereal, quinoa flour, gluten, ANOVA, sensory evaluation.*

TABLA DE CONTENIDO

1.	MARCO TEÓRICO	14
1.1	QUINUA	14
1.2	GRANO DE QUINUA	16
1.3	USOS	18
1.4	SAPONINAS.....	19
1.5	EL TRIGO.....	20
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.1	INSUMOS.....	24
2.2	PROCEDIMIENTO	25
2.2.1	SECADO.....	26
2.2.2	MOLIENDA.....	27
2.3	ANÁLISIS SENSORIAL.....	33
2.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
3.	RESULTADOS Y DISCUSION	35
3.1	CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE TRIGO Y DE LOS GRANOS DE QUINUA	35
3.2	MOLIENDA Y OBTENCION DE LA HARINA DE QUINUA	36
3.3	ANÁLISIS DE LOS TRATAMIENTOS	37
3.3.1	HUMEDAD.....	37
3.3.2	DETERMINACION DE LA MEJOR MEZCLA DE HARINAS DE TRIGO Y DE QUINUA	38
4.	CONCLUSIONES	42
5.	RECOMENDACIONES.....	43
6.	BIBLIOGRAFIA.....	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	
Composición química de granos de quinua y de cereales en base seca	17
Tabla 2.	
Comparativo de los aminoácidos del grano de la quinua, con otros alimentos	18
Tabla 3.	
Numero de ensayo y cantidades de harina de trigo y de quinua correspondiente	23
Tabla 4.	
Receta utilizada para la elaboración de pan molde	24
Tabla 5.	
Análisis fisicoquímicos	26
Tabla 6.	
Cantidad de insumos según los moldes a utilizar para todos los diferentes porcentajes de harina de quinua	30
Tabla 7.	
Comparación de los granos de quinua con respecto a la harina de trigo en análisis fisicoquímicos	35
Tabla 8.	
Comparación de los granos de quinua con respecto a la harina de trigo en análisis microbiológicos.....	35

Tabla 9.

Volumen de los diferentes panes con proporciones de quinua 40

Tabla 10.

Comparación de los análisis fisicoquímicos de 10% y 20% de inclusión de

harina de quinua en el producto final 41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	
Proceso global.....	25
Figura 2.	
Proceso de desaponificado de la quinua.....	26
Figura 3.	
Granos de quinua secos	27
Figura 4.	
Molienda de los granos de quinua.....	28
Figura 5.	
Harina de quinua	28
Figura 6.	
Proceso de panificación	29
Figura 7.	
Pesaje de los materiales	30
Figura 8.	
Mezcla de los ingredientes:	30
Figura 9.	
Desarrollo del gluten	31
Figura 10.	
Pesaje y boleado de la masa	31
Figura 11.	
Moldeado.....	31
Figura 12.	
Fermentación	32

Figura 13.	
Cocción	32
Figura 14.	
Enfriamiento	32
Figura 15.	
Corte	33
Figura 16.	
Harina de quinua después de moler el grano.....	36
Figura 17.	
Variación de la humedad con el aumento de inclusión de la harina de quinua en el proceso	37
Figura 18.	
Análisis sensorial de los panes de quinua.....	39
Figura 19.	
Panes de diferentes tamaños con diferentes porcentajes de quinua	40

INTRODUCCION

Actualmente el proceso de panificación está muy desarrollado a nivel mundial, tanto así que este alimento es considerado uno de los que más consume la población humana.

Para poder brindarle al consumidor un producto de mayor valor nutricional es importante observar nuevas variedades de harinas para enriquecer este producto que contengan un poder nutricional alto mayor del que tiene un pan convencional.

Teniendo en cuenta que la quinua tiene un mayor porcentaje nutricional en relación con otras harinas y unas proteínas de mejor calidad de absorción para el ser humano, se desea adicionar este ingrediente al proceso de panificación que incremente su valor nutricional, no genere desmejoramiento de las cualidades organolépticas de este alimento para que sea aceptado por el consumidor final y que sea económico.

La sustitución de parte de la harina de trigo con harinas de cultivos andinos (especialmente de quinua), permitirá mejorar el valor nutritivo del pan y de otros productos elaborados en base a este cereal, un ahorro de divisas por menor importación de trigo y adicionalmente, dar impulso a la agricultura e industria local por la creación de una demanda cada vez mayor de productos nativos.

El objetivo de este trabajo, es desarrollar un producto panificable con mayor calidad nutricional utilizando harina compuesta (harina de trigo y harina de quinua) en la preparación de este alimento a nivel industrial, se encontrará la mezcla más adecuada de harinas de quinua y de trigo de acuerdo a la caracterización fisicoquímica del producto final, de excelentes cualidades organolépticas por medio de un análisis Sensorial sin modificación significativa de sus características organolépticas, que resulte en un alimento que guste al consumidor.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa*) no es en realidad un cereal, sino que botánicamente se le asocia con la familia de las legumbres, clasificación a la cual también pertenecen la acelga y la espinaca. Aunque las hojas de la planta también se utilizan en la cocina, la verdadera fortaleza nutricional radica en las semillas debido a la cantidad y calidad de las proteínas que posee.

Para que la quinua fuera reivindicada en cuanto a su importancia alimenticia, tuvieron que pasar más de 500 años. Irónicamente, siendo originaria de la zona Andina, ahora es Europa uno de los continentes más interesados en investigar las propiedades de tal grano.

Hay que destacar que la NASA en los EE.UU., eligió a la quinua como alimento nutritivo por excelencia para los viajes espaciales. Por su parte la FAO, organismo perteneciente a las Naciones Unidas, no se ha cansado en divulgar que la quinua es lo más cercano que existe como alimento ideal para el ser humano. Considerada por muchos investigadores como “ el súper grano del futuro”.

La quinua contiene en promedio 16,2% de proteína, un nivel muy superior al que representa el trigo (14%), el maíz (9,9%) y el arroz (7,5%), por citar solo

los cereales más conocidos. Algunas variedades de esta semilla, llegan incluso a tener 20% de proteína.

Otra característica que resalta a este grano en comparación a otros granos tradicionales, es el valor biológico de sus proteínas. El alimento mejor situado en torno a este rango, es el huevo: 95. La cifra anterior significa que de 100 gramos de proteínas ingeridas por el ser humano, 95 son asimiladas sin problemas. En la quinua, el referido índice es de 75, una cantidad que se puede considerar como alta si se le compara con la carne (60), la leche (72), el trigo (60) y el maíz (44).

La razón que explica el elevado valor biológico que tiene la quinua, tiene que ver con la equilibrada composición de aminoácidos esenciales que posee. Los cereales considerados como "clásicos", carecen de suficiente lisina, metionina y cisteína, sustancias que se presentan en mayor cantidad en la quinua.

Como virtudes conexas también se menciona la carencia en grasas y la riqueza en hierro, calcio, fósforo, fibra y vitamina E, que tiene la quinua con respecto a otros cereales y legumbres. Por lo anterior, se aconseja el consumo de este alimento, por parte de diabéticos, niños, adolescentes, ancianos y convalecientes.

Uno de los problemas del consumo de la quinua es su contenido de saponinas las cuales le otorgan al grano un sabor amargo y jabonoso. Para

evitar esto, la quinua es descascarillada y lavada varias veces, aunque para su consumo se sugiere realizar un nuevo lavado.

La quinua es una planta que se adapta muy fácilmente a climas y terrenos hostiles. Estudios realizados por la FAO, con el apoyo de diferentes universidades del área andina, han demostrado que los cultivos de quinua tienen una gran adaptabilidad a climas áridos y que se pueden realizar plantaciones tanto a alturas elevadas como al nivel del mar.

Anualmente, se producen alrededor de 48000 toneladas a nivel mundial, repartidas en un 45% en Bolivia, 42% en Perú, 6% en Estados Unidos, 3% en Canadá, 2% en Ecuador y una mínima fracción en Europa. En Bolivia la producción de quinua se encuentra en aumento y se ha duplicado en los últimos 30 años.

1.2 GRANO DE QUINUA

El grano de quinua, de color blanco, gris o rosado, por su tamaño -menor que el de los cereales- (1,8 - 2,6mm) se clasifica en *grande* (2.2-2.6 mm), *medio* (1.8-2.1 mm) y *pequeño* (menor de 1.8 mm). Su pericarpio almacena un esteroide (saponina) que fluctúa entre el 0.06% y 5.1%, que le da sabor amargo y presenta cierta toxicidad ya que en ciertas cantidades desnaturaliza las proteínas.

- **Composición química:** la quinua se denomina pseudocereal por su alto contenido de carbohidratos, principalmente de almidón (50- 60%) que

hace que se emplee como un cereal; sin embargo, normalmente su grasa es más alta que la de estos y su proteína mayor.

El almidón se presenta en gránulos pequeños, localizados en el perisperma, con cerca del 20% de amilosa, y gelatiniza entre 55 y 65 °C. Los azúcares libres llegan al 6,2%. La fibra insoluble se ha cuantificado en 5,31%; la soluble en 2,49% y la dietética total en 7,80%.

Se considera libre de gluten porque su proteína está conformada principalmente por albúminas y globulinas solubles en agua o soluciones salinas débiles, lo que dificulta su uso en la panificación, pero puede ser útil para alérgicos al gluten (enfermedades Sprue y Zólikali).

Fuente: TAPIA, METAL, 1979

ELEMENTO	QUINUA	ARROZ	CEBADA	MAIZ	TRIGO
Proteína %	16,3	7,6	10,8	10,2	14,2
Grasa %	4,7	2,2	1,9	4,7	2,3
Carbohidratos totales %	76,2	80,4	80,7	81,1	78,4
Fibra cruda %	4,5	6,4	4,4	2,3	2,8
Cenizas %	2,8	3,4	2,2	1,7	2,2
Energía (Kcal/100g)	399	372	383	408	392

Tabla 1. Composición química de granos de quinua y de cereales en base seca

La calidad de la proteína está determinada por la cantidad de aminoácidos esenciales y por su digestibilidad que se aproxima al 80%; los valores máximos para este parámetro, cercanos al 100% son para la carne y la leche.

El valor calórico es mayor que otras cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 Cal/100gr, que la caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías.

La proteína de la Quinoa ayuda al desarrollo y crecimiento del organismo, conserva el calor del organismo y energía del cuerpo, es fácil de digerir, forma una dieta completa y balanceada. La composición de aminoácidos esenciales, le confiere un valor biológico comparable solo con la leche, el huevo y la menestra, constituyéndose por lo tanto en uno de los granos más completos de la de zona Andina.

Fuentes: TAPIA, M y otros

AMINOACIDO	QUINUA	MAIZ	TRIGO	FRIJOL	CARNE	PESCADO	LECHE	PATRON
	g aminoácidos/100 g de proteína							
Arginina	6,8	4,2	4,5	6,2	6,4	5,1	3,7	5,0
Fenilalanina	4,0	4,7	4,8	5,4	4,1	3,7	1,4	6,0
Histidina	2,8	2,6	2,0	3,1	3,5		2,7	3,0
Isoleucina	7,1	4,0	4,2	4,5	5,2	5,1	10	4,0
Leucina	6,8	12,5	6,8	8,1	8,2	7,5	6,5	7,0
Lisina	7,4	2,9	2,6	7,0	8,7	8,8	7,9	5,5
Metionina	2,2	2,0	1,4	1,2	2,5	2,9	2,5	3,5
Treonina	4,5	3,8	2,8	3,9	4,4	4,3	4,7	4,0
Triptófano	1,3	0,7	1,2	1,1	1,2	1,0	1,4	1,0
Valina	3,4	5,0	4,4	5,0	5,5	5,0	7,0	5,0

Tabla 2. Comparativo de los aminoácidos del grano de la quinua, con otros alimentos

1.3 USOS

Las semillas (granos) se utilizan previa eliminación del contenido amargo (Saponina del episperma) en forma de ensaladas, entradas, guisos, sopas, postres, bebidas, pan, galletas, tortas, pudiendo prepararse en más de 100 formas diferentes, pan, galletas y tortas. Las semillas germinadas son también un alimento exquisito y muy nutritivo, sobre todo para aquellas personas vegetarianas. Últimamente, se está utilizando como ingrediente del musli para

los desayunos, así como hojuelas en reemplazo de las hojuelas de trigo y también en expandidos y extruidos.

Las hojas y plántulas tiernas como reemplazo de las hortalizas de hoja, hasta la fase fenológica de inicio de panojamiento (hojas) y plántula hasta la fase de ramificación; con ellas se prepara: ensalada especial de quinua, ensalada mixta, ensalada de papas con hojas de quinua, ensalada jardinera de quinua, ají de hojas tiernas de quinua, crema de hojas de quinua. Las inflorescencias tiernas completas hasta la fase fenológica de grano lechoso, en reemplazo de hortalizas de inflorescencia como el brócoli y coliflor, etc.

1.4 SAPONINAS

Es una enzima perteneciente al grupo de los glucósidos triptenoides que se encuentran en el grano de quinua confiriéndole un sabor amargo particular. La mayor cantidad de saponina se encuentra en la parte externa o epispermo del grano, la saponina es soluble en agua caliente por lo que se recomienda lavar la quinua con frotaciones fuertes previo a su consumo, para eliminar la mayor cantidad de saponina.

El principal efecto de la saponina es producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y la sangre, con lo que puede producirse un detrimento en el crecimiento a través de la acción sobre la absorción de nutrientes. Sin embargo, se sabe que la saponina es altamente tóxica cuando se administra por vía endovenosa, pero no hay estudios que

demuestran que la quinua sea toxica si es ingerida por vía oral ya que no es absorbida por las mucosas intestinales y además se desdoblan por la acción de los álcalis y fermentos intestinales.

El efecto toxico de la saponina queda en duda, sin embargo, el sabor amargo que le da a la quinua es un efecto indeseable para su consumo.

1.5 EL TRIGO

Es el cereal más importante ya que es el más cultivado en toda la tierra, se conocen más de 12000 variedades, es muy utilizado en la panificación, producción de pasta y galletería.

Se compone de tres partes

1. Germen o embrión, el cual da formación a una nueva planta.
2. Endospermo, es la parte más utilizada, de la cual se extrae la harina
3. Salvado o cubierta protectora, la cual se elimina en el proceso de extracción de harina, muy utilizada en la industria de la panificación para la elaboración de productos integrales.

Entre las harinas obtenidas de los cereales únicamente la del trigo puede formar una más fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y de la cual se pueden formar productos esponjosos.

Esto se debe a que posee gluten que tienen mayor contenido de proteínas de reserva (gliadina y glutenina), las cuales tienen la propiedad de ser elásticas y atrapar el gas que se produce por la fermentación de la levadura utilizada en

la elaboración de pan y, en el caso del polvo de hornear, en la elaboración de tortas y galletas

.

- **Composición química de trigo**

Agua, Depende del clima y del ambiente en que se cultive puede estar en un porcentaje de 8 a 18%.

Glúcidos, carbohidratos 60 a 68% Almidón (19 a 26% de amilosa y 74 a 81% amilopectina), 6,5 % Pentosas, 2 a 2,5 % celulosa, 1,5 % azúcares reductores (Son importantes para fermentación en la masa).

El almidón del grano en plena maduración permite obtener un pan de mayor volumen que el obtenido con granos no maduros. La temperatura de gelatinización del almidón está entre 56 a 60 °C.

Prótidos (proteínas), 7 a 18 %, Contenido de N por el método Kjeldahl.

Contenida como, 12% albumina, 4% de globulina las cuales son solubles en solución salina, 44% prolamina = gliadina, 40 % glutenina las cuales son solubles en solventes polares como alcohol y cetona pero no en agua. Las dos fraccionados se unen con enlaces intermoleculares y forman el gluten es la sustancia que le da resistencia y elasticidad a la masa a partir de la harina y agua.

La cantidad de aminoácidos esenciales que le da el valor biológico al alimento es menor en las proteínas presentes en mayor cantidad y por ende, son las que tienen un menor valor biológico.

Lípidos, 1,5 a 2%, están localizados en el germen, los mas importantes son glicéridos, fosfolípidos, esteroides, tocoferol. Sales minerales, son las sustancias inorgánicas que se encuentran en el salvado y su cantidad varía entre 1,5 y 20 %. El contenido depende de la cantidad, el terreno, la fertilización, el clima, etc.

Vitaminas, Por lo general, gran parte se va al producto de desecho de molienda.

Enzimas, son los catalizadores biológicos de naturaleza proteica, tiene alfa y beta amilasa, las cuales se transforman en dextrina y maltosa. La amilasa produce azúcares reductores y esto facilita la fermentación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el proceso de elaboración del producto de panadería con inclusión de harina de quinua, se partió de la obtención de la harina de quinua por molienda del grano previo acondicionamiento de éste para eliminar la mayor cantidad de saponinas posibles y así obtener una harina con un mejor sabor, ya que las saponinas confieren sabores amargos indeseados para este tipo de productos.

Este trabajo se desarrolló en los laboratorios del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá junto con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Para la formulación del pan se hicieron diferentes ensayos mezclando harina de trigo comercial y harina de quinua integral obtenida desde la molturación del grano, de acuerdo a la Tabla 1 con 3 replicaciones para cada ensayo para luego, encontrar la mejor sustitución de quinua teniendo en cuenta su valor nutritivo y el volumen del producto final.

ENSAYO	% HARINA DE TRIGO	% HARINA DE QUINUA
1	100	0 (TESTIGO)
2	90	10
3	80	20
4	70	30

Tabla 3. Numero de ensayo y cantidades de harina de trigo y de quinua correspondiente

2.1 INSUMOS

Para determinar la preparación y las cantidades necesarias de los insumos, se tomó una receta proporcionada por la empresa Sigra S.A (Sociedad Industrial de Grasas Vegetales S.A) para pan tipo molde por el método directo que manejan en sus ensayos con los estudiantes del Instituto Colombiano de Panadería y Pastelería.

INGREDIENTES	%	CANTIDAD
Mezcla de harinas	100	1000 g
agua	58	580 ml
Levadura fresca	4.2	42 g
Sal	2	20 g
azúcar	8.2	82 g
Antimoho	0.3	3 g
margarina	8	80 g

Tabla 4. Receta utilizada para la elaboración de pan molde

Las materias primas que se utilizaron para la elaboración del pan se obtuvieron en un almacén de cadena, excepto la harina de quinua que se obtuvo a partir de la molienda de los granos de quinua con el procedimiento descrito.

2.2 PROCEDIMIENTO

Figura 1. Proceso global



Inicialmente se determinan las características fisicoquímicas y microbiológicas de las materias primas que conforman la mezcla de harinas (el grano de quinua y la harina de trigo) con los análisis de laboratorio identificados en la tabla 3 para poder realizar una comparación del aporte nutricional adicional que le da la quinua con respecto al producto testigo.

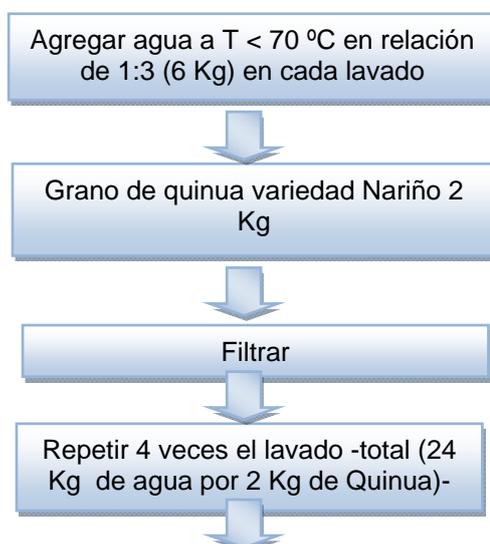
COMPONENTE	METODO A.O.A.C.
Humedad	10.102
Grasa	10.142
Cenizas	10.144
Proteína	14.026
Fibra	10.145
carbohidratos	Por diferencia

Tabla 5. Análisis fisicoquímicos

2.2.1 SECADO

Para la harina de Quinua se utilizó el grano de la variedad Nariño la cual es una variedad dulce que tiene bajo porcentaje de saponinas < 0.06%. Se lleva a la etapa de lavado y posterior secado para desaponificar el grano, la cual consiste en lavados consecutivos del grano y remoción de la espuma que lleva las saponinas. El grano lavado debe secarse para evitar ataque de microorganismos, fermentaciones, y germinaciones que desmejoren su calidad; se lleva a la cámara de secado extendiendo el grano sobre una superficie horizontal en capas muy finas donde se expone al aire caliente por contacto directo.

Figura 2. Proceso de desaponificado de la quinua



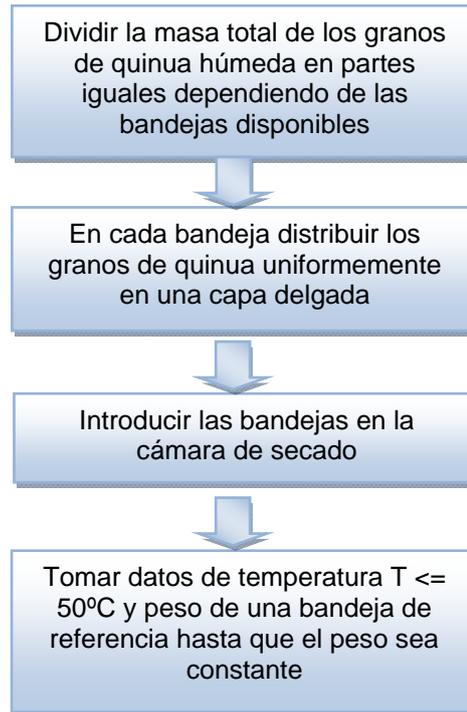


Figura 3. Granos de quinua secos



2.2.2 MOLIENDA

Después de desaponificar la quinua y de su secado, se procede a la molienda del grano.

Figura 4. Molienda de los granos de quinua



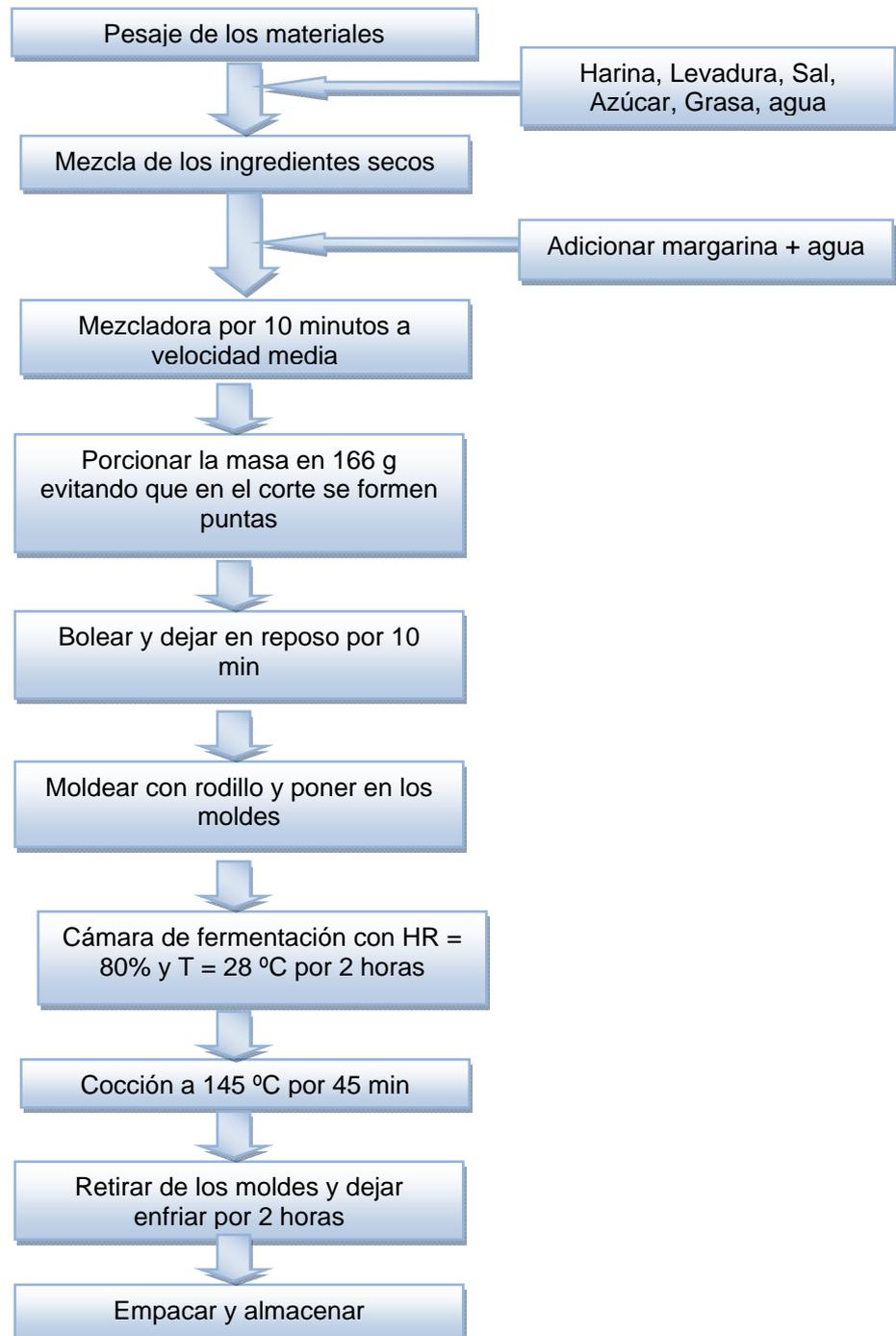
Figura 5. Harina de quinua



FABRICACION PAN

Es importante la estandarización del procedimiento a fin de tener los menores errores posibles en las medidas al momento de realizar el procedimiento. Se tuvieron en cuenta medidas como el volumen del pan, color de la corteza, miga, etc., para determinar la mejor proporción entre la mezcla de harinas.

Figura 6. Proceso de panificación



Se elabora el pan por el método directo:

Para determinar la cantidad de insumos que se debe manejar es necesario conocer el molde que se va a utilizar para la panificación, en este caso se utilizan moldes de 166 g con un volumen de 13 cm de largo, 5 cm de ancho y

6 cm de profundidad. Se utilizan 5 moldes para cada porcentaje de harinas con la misma metodología para 500 g de mezclas de harinas.

PORCENTAJE	INGREDIENTES	CANTIDAD
100	harinas	500 g
4.2	Levadura fresca	21 g
2	Sal	10 g
8.2	azúcar	41 g
0.3	Antimoho	1.5 g
8	margarina	40 g

Tabla 6. Cantidad de insumos según los moldes a utilizar para todos los diferentes porcentajes de harina de quinua

Figura 7. Pesaje de los materiales



Figura 8. Mezcla de los ingredientes:



Para el mezclado es importante saber si se va a utilizar el aspa o el gancho como se observa en la primera figura, así que se debe determinar según la textura de la masa y el desarrollo del gluten, para esto se mezcla durante 2 minutos a velocidad 2 de la mezcladora y después se cambia al aspa aproximadamente 4 minutos más de mezclado según sea la proporción de harina de quinua.

Figura 9. Desarrollo del gluten



La figura 6. Muestra el punto donde el gluten ya se ha desarrollado haciendo la prueba del “guante de cirujía o del punto de seda” que consiste en estirar la masa hasta que esta se vea traslúcida sin que se rasgue.

Figura 10. Pesaje y boleado de la masa



Después del amasado, se pesa la masa y se divide en la cantidad necesaria para cada molde (en este caso 166 g), luego se bolea y se deja en reposo durante 10 minutos aproximadamente, esto se realiza para que la masa no presente grumos indeseados a la hora de obtener el producto final y para que se relaje la masa después del amasado.

Figura 11. Moldeado



Se moldea para que la masa tome la forma deseada en el molde y para que se mezcle con aire y eliminar el gas que está dentro de esta después del

reposo del proceso de boleado para obtener una forma alveolar adecuada en el producto final.

Figura 12. Fermentación



Se lleva al cuarto de fermentación el cual tiene una humedad relativa $>80\%$ y una temperatura de aproximadamente 30°C para que la levadura cumpla su función de fermentar la masa a estas condiciones ideales para su buen desarrollo y crecimiento de la masa de acuerdo a la producción de gas CO_2 producto del proceso fermentativo.

Figura 13. Cocción



Se realiza a 145°C por el tiempo que requiera cada masa.

Figura 14. Enfriamiento



Después de la cocción, el pan se debe dejar enfriar para luego empacar y cortar, en la fotografía 11 se observan los panes que tienen porcentaje de harina de quinua de menor a mayor (de izquierda a derecha = 0%, 20%, 30% respectivamente).

Figura 15. Corte



En la primera imagen de izquierda a derecha de la figura 12, Se observa una mezcla de harinas de 30% y 0% respectivamente.

2.3 ANÁLISIS SENSORIAL

Para esta etapa se necesitó realizar un lote para todas las cataciones que se requirieron, se llevó a cabo a las 20.00 horas después de realizado los panes con un panel de 50 catadores no entrenados el empleando el método descriptivo por puntaje con pruebas de aceptación o afectivas las cuales se usan para evaluar el grado de satisfacción o aceptabilidad del producto con el fin de determinar, en una serie de productos, cuál es el más aceptable o preferido.

Se realizó con una encuesta especialmente diseñada para consumidores habituales del producto con una escala hedónica de 9 puntajes para cada uno de los diferentes tratamientos.

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se efectuó una prueba de comparación o de preferencia con el test paramétrico ANOVA, en la cual se presentan al catador cuatro productos codificados y se le pide que indique si prefiere alguno de ellos según la escala hedónica entre me gusta mucho o me disgusta mucho, para este caso con 9 parámetros. El número mínimo de jueces debe estar constituido por 50 integrantes, los cuales no requieren entrenamiento [Carpenter et al. 2002]. Este método nos indica si las muestras son diferentes o no entre sí.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE TRIGO Y DE LOS GRANOS DE QUINUA

PARÁMETRO	PORCENTAJE	
	GRANO DE QUINUA	HARINA DE TRIGO
Humedad	8.3	13.0
Grasa	6.8	5.7
Cenizas	2.3	0.7
Proteína	12.7	12.0
Fibra	2.1	2.0
carbohidratos	67.8	55.2

Tabla 7. Comparación de los granos de quinua con respecto a la harina de trigo en análisis fisicoquímicos

Se observa que esta variedad no tiene un porcentaje de proteína muy diferente de lo que contiene la harina de trigo, teniendo en cuenta que se tomaron estos valores con el grano entero de quinua. Esto se debe a que el porcentaje varía significativamente de acuerdo al suelo, al clima y las condiciones en que se cultiva.

ANÁLISIS	GRANO DE QUINUA	HARINA DE TRIGO	LÍMITE
Coliformes fecales	NEGATIVO	NEGATIVO	<10
Escherichia Coli	AUSENCIA	<10	<10
Mesofilos aerobios viables	<3	$17 \cdot 10^2$	$20 \cdot 10^4$
Mohos y levaduras	AUSENCIA	<10	3000-5000
Esporulados	AUSENCIA	AUSENCIA	<10

Tabla 8. Comparación de los granos de quinua con respecto a la harina de trigo en análisis microbiológicos

Según la tabla anterior, la quinua es microbiológicamente segura y apta para el consumo humano puesto que las saponinas contenidas en su superficie

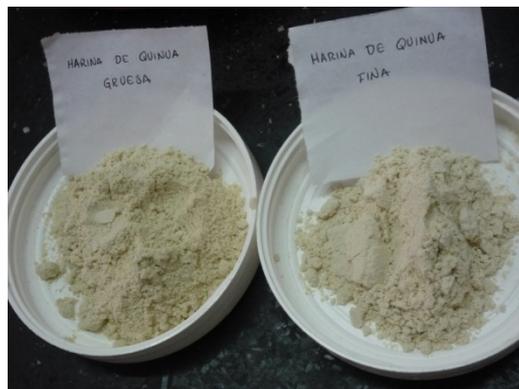
brindan una barrera protectora contra agentes patógenos que pueden causar daños al grano de quinua y es por esto que en los resultados anteriores se evidencia la ausencia de estos patógenos.

3.2 MOLIENDA Y OBTENCION DE LA HARINA DE QUINUA

En el proceso de molienda, utilizando un molino de tornillo, a partir del grano de quinua se obtuvo la harina integral ya que se veía a simple vista que es homogénea, con una tamaño de partícula adecuado para la mezcla con la harina de trigo aunque un poco mayor que esta, su tamaño de partícula pasó en un 86% por el tamiz de malla 12xx, esto quiere decir para la quinua fue de 103 micras.

En la figura 13 se observa que según el grado de molturación, el color de la harina cambia pero el tamaño no cambia mucho ya que el 100% del grano se convierte en harina, es por esto que se utilizó completamente el grano de quinua que se molió, ya que esto no afecta el proceso de mezclado con la harina de trigo, puesto que los tamaños de partícula de las dos harinas son similares.

Figura 16. Harina de quinua después de moler el grano



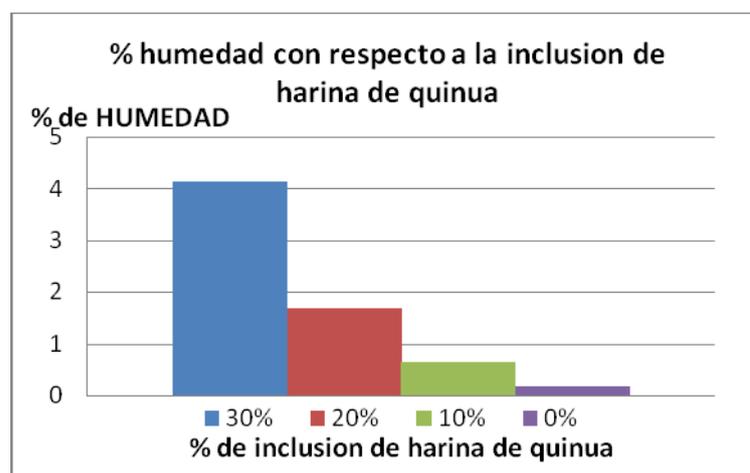
3.3 ANÁLISIS DE LOS TRATAMIENTOS

3.3.1 HUMEDAD

En el momento de realizar el pesaje de los panes después del horneado y posterior enfriamiento se evidencia un aumento en el peso final a medida que se incrementa el porcentaje de inclusión de la harina de quinua.

Aunque el porcentaje de humedad en la quinua es menor a la de la harina de trigo, en el momento de realizar el proceso de obtención del producto de panificación, puede deberse a que la quinua absorbe mayor cantidad de agua a medida que el porcentaje de inclusión de esta se incrementa en el proceso, en la etapa de mezclado.

Figura 17. Variación de la humedad con el aumento de inclusión de la harina de quinua en el proceso



3.3.2 DETERMINACION DE LA MEJOR MEZCLA DE HARINAS DE TRIGO Y DE QUINUA

Para determinar la mejor sustitución de harina de quinua en la preparación con harina de trigo, se realizó el análisis sensorial para 50 catadores no entrenados, los cuales participaron en un panel de aceptación con edades muy cercanas entre los 18 y 25 años de los dos sexos, en donde se encontró que no hay una diferencia significativa entre las preparaciones según el análisis estadístico descrito posteriormente, sin embargo se puede ver que las mezclas entre 10% y 20% tiene una aceptación levemente mayor..

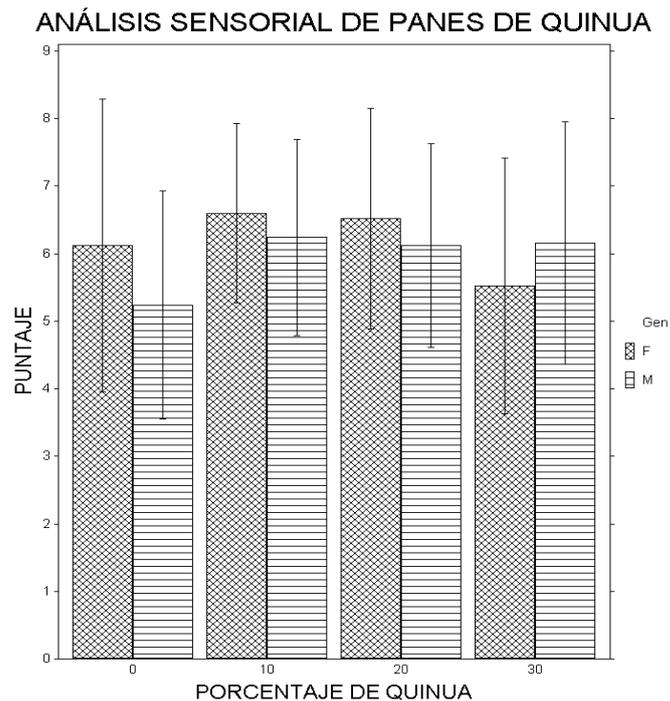
Teniendo este dato tan importante, ya que ante el público joven sería viable cualquier porcentaje, se procede a determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de estas sustituciones comparadas entre sí para determinar cuál de las mezclas proporciona un alto valor nutricional como se espera.

Los atributos de este pan tipo molde que se perciben a través de los sentidos, se encaminan con preguntas concretas relacionadas con la cuantificación que cada participante del panel de catación tiene con respecto al siguiente cuestionario:

Se codifican las muestras con 3 dígitos y se evalúan aleatoriamente con una escala de aceptación de 9 casillas siendo la primera “me gusta mucho”, la quinta “ni me gusta ni me disgusta” y la novena “me disgusta mucho”, así que tienen una escala de 9 valores para poder cuantificar la aceptación. Luego se

le presenta al catador las cuatro muestras con diferentes inclusiones y este las evalúa en un sitio iluminado y libre de distracciones, se utilizó agua para eliminar el sabor entre muestras y así tener una evaluación con pocas desviaciones.

Figura 18. Análisis sensorial de los panes de quinua



El efecto de la inclusión de quinua se evidencia en la gráfica anterior, demostrando que entre las muestras no hay diferencias significativas ya que los puntajes promedio que los panelistas dan a estos productos varían entre 5 y 6.5, esto quiere decir que en sabor los panes no son muy diferentes entre sí. Sin embargo, a simple vista se puede observar que los panes que tienen inclusión de 10% y 20% tienen una aceptación similar entre los hombres y las mujeres, mientras que la aceptación para el porcentaje de 10% es más alta por las mujeres y el 30% de inclusión es más aceptado por los hombres.

Teniendo en cuenta el anterior análisis, se procede a determinar los análisis fisicoquímicos de las dos muestras de pan que tienen 10% y 20% y se determina cuál de estas tiene mayor porcentaje de proteína para descartar cuantitativamente la más nutritiva.

Sin embargo, un número considerable de panelistas manifestó que el sabor característico de la quinua es deseado ya que aumenta levemente el sabor dulce y la palatabilidad de la muestra ya que, de acuerdo a la figura 14, a mayor porcentaje de harina de quinua hay mayor humedad en el producto final.

Otro parámetro importante para la determinación de la mejor muestra de panificación es el volumen de la muestra final. En la siguiente figura se evidencia el cambio de este parámetro que es tan importante en la industria de la panificación, donde con una regla se toma la medida de la altura de cada pan con diferentes porcentajes de quinua que van de menor a mayor de izquierda a derecha.

Figura 19. Panes de diferentes tamaños con diferentes porcentajes de quinua



Tabla 9. Volumen de los diferentes panes con proporciones de quinua

% de harina de quinua	0	10	20	30
Altura (cm)	12	10	8	6

En la figura 19 se evidencia que el cambio de volumen es bastante importante entre los diferentes porcentajes de inclusión de harina de quinua, ya que 2 centímetros de diferencia representa un 17% de disminución de tamaño, esto es bastante determinante ya que se busca que el pan rinda con una menor cantidad de materiales, así que el porcentaje de 30% de inclusión de quinua se descarta junto con el de 20% por esta razón.

Teniendo en cuenta los análisis fisicoquímicos para los panes con inclusión de 10% y 20% como se evidencia en la tabla 7, se observa que un 2% de aumento en la cantidad de proteína no es significativo para una diferencia de porcentaje de 10% entre sí, así que un 10% de inclusión de harina de quina es adecuado para realizar un producto de buena calidad y valor nutricional.

ANALISIS	RESULTADOS	
	10%	20%
Proteína, % m/m	9.0	9.2
Grasa, % m/m	6.7	5.8
Humedad, % m/m	26.6	23.4
cenizas, % m/m	2.0	2.1
carbohidratos, % m/m	54.5	58.5
Fibra, % m/m	1.2	1
Energía, Kcal/100g	314	323

Tabla 10. Comparación de los análisis fisicoquímicos de 10% y 20% de inclusión de harina de quinua en el producto final

4. CONCLUSIONES

Se vieron reflejados cambios en varios aspectos como: pérdida de volumen en un 17% a 22% a mayor inclusión de harina de quinua, aumento en el grosor de la corteza, aumento de color oscuro entre las mezclas (reacción de Maillard), disminución del esponjado de la masa, aumento de olor y sabor característico de la quinua, además debido a que la quinua carece de gluten, en la masa se podía reflejar la inelasticidad que a su vez se vio reflejado en el producto final.

Según el análisis sensorial, el cambio de volumen y el análisis proximal, la mezcla que presentó el mejor comportamiento en la panificación y aceptación en los panes sensorial es la que tiene 10% de harina de quinua y 90% de harina de trigo.

Al adicionar esencias y sabores diferentes como panela y vainilla, el sabor de los productos cambia drásticamente enmascarando el sabor característico de la quinua. Los panes tipo molde tienen mas capacidad de retención de los sabores y olores que los panes tipo mogollas y aliñado.

Se logró un aumento en la cantidad de proteína de un 2.22% al incrementar la adición de la harina de quinua.

Según el análisis sensorial, las muestras no tienen diferencias significativas en sabor para la población joven, sin embargo se puede determinar según los comentarios que algunos catadores gustan del sabor característico de la quinua en un porcentaje de 10% a 20% de inclusión.

5. RECOMENDACIONES

Los costos de desaponificar la quinua para esta variedad son bastante elevados ya que se requiere de grandes cantidades de agua de lavado para eliminar esta sustancia de la superficie del grano, por esto se recomienda utilizar otra variedad con menor porcentaje de saponinas para realizar este producto que es tan consumo a nivel mundial.

6. BIBLIOGRAFIA

1. CAUVAIN Stanley – YOUNG Linda. Fabricación de Pan. 2º Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. 2002. Capitulo 1 y 2.
2. CERON RAMIREZ, Edmundo. Cultivo de Quinoa. San Juan de Pasto: UNIVERSIDAD DE NARIÑO. 2001.
3. CERON RAMIREZ, Edmundo. La Quinoa como Cultivo Alternativo, base de la seguridad alimentaria y su importancia agroindustrial. San Juan de Pasto: UNIVERSIDAD DE NARIÑO. 2002.
4. GUAGLIA Giovanni. Ciencia y Tecnología de la panificación. 1ª edición. Zaragoza, España, Ed. Acribia. 1991.
5. HOSENEY, R. Carl. Principios de Ciencia y tecnología de los cereales. Zaragoza, España, Ed. Acribia. 1991.
6. MONTOYA RESTREPO, Luz Alexandra, VIANCHA, Lucero y BALLESTEROS, Johanna. Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinoa en Colombia. En: INNOVAR, revista de ciencias administrativas y sociales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá (En-Jun, 2005).
7. MOSQUERA MOSQUERA Héctor Fabio. EFECTO DE LA INCLUSION DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa wild*) EN LA

ELABORACIÓN DE GALLETAS. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de especialista en ciencia y tecnología de alimentos. Directora MARIA SOLEDAD HERNANDEZ. Agosto de 2009

8. KENT N.L. Tecnología de los Cereales., introducción para estudiantes de Ciencia de los Alimentos y Agricultura. 3º Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. 1987. Capitulo 10.

9. QUAGLIA G. Ciencia y Tecnología de la Panificación. 2º Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. 1991. Capitulo 13 y 19.