

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



DESARROLLAR UN PAN DULCE A BASE DE HARINA DE
QUINOA Y DE ARROZ LIBRE DE GLUTEN PARA
INCREMENTAR CONTENIDO NUTRICIONAL

Por:

DULCE FERNANDA ARÉVALO BLANQUET

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México; Diciembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

TESIS

DESARROLLAR UN PAN DULCE A BASE DE HARINA DE QUINOA Y DE ARROZ
LIBRE DE GLÚTEN PARA INCREMENTAR CONTENIDO NUTRICIONAL.

Presentada por:

DULCE FERNANDA ARÉVALO BLANQUET

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



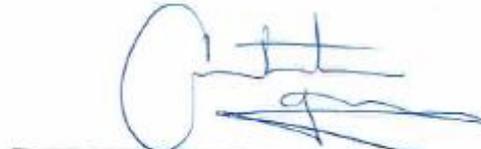
M.E. Laura Olivia Fuentes Lara
PRESIDENTE



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
VOCAL



Dra. Xóchitl Ruelas Chacón
VOCAL



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
VOCAL



Dr. José Duenhez Alanís
COORDINADOR DE CIENCIA ANIMAL



Saltillo, Coahuila, México, Diciembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

TESIS

DESARROLLAR UN PAN DULCE A BASE DE HARINA DE QUINOA Y DE ARROZ
LIBRE DE GLÚTEN PARA INCREMENTAR CONTENIDO NUTRICIONAL.

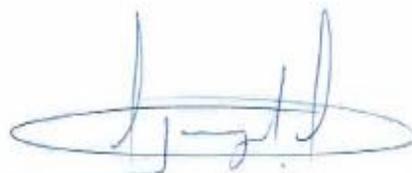
Presentada por:

DULCE FERNANDA ARÉVALO BLANQUET

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Con la participación en la ejecución técnica de este proyecto de investigación:



T.L.Q Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel

Saltillo, Coahuila, México; Diciembre 2019

Agradecimientos

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, y por hacer de mí lo que ahora soy.

Gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la gran oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que me aman.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por ser mi casa de estudios y darme la oportunidad de formarme profesionalmente en la carrera que me gusta.

A la M.E Laura Olivia Fuentes Lara por la planeación, asesoría, observaciones para la ejecución y culminación de este proyecto, gracias por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, y sobre todo su paciencia hacia mí a lo largo de este proyecto

Al Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó, por su apoyo y observaciones en este trabajo de investigación

A la Dra. Xóchitl Ruelas Chacón que fue mi maestra en varias ocasiones pero además me brindó su apoyo y su amistad, escuchándome y aconsejándome cuando lo necesitaba

A los maestros de mi carrera que ayudaron a formarme profesionalmente transmitiéndome sus conocimientos.

T.A Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel encargado de laboratorio del Departamento de Nutrición Animal, por su gran apoyo y atención brindada en el trabajo en laboratorio.

A mis compañeros de la escuela que sin ellos no hubiera sido igual mi estancia, pero sobre todo a mis dos grandes amigas María Hildelisa Cepeda Contreras y Esmeralda Martínez Franco que me acompañaron siempre a lo largo de la carrera escuchándome y apoyándome y a todas las personas que me brindaron su apoyo y amistad en esta etapa de mi vida.

Dedicatoria

A mis padres María Apolinar Blanquet Colín y Mauro Alonso Arévalo Sanmiguel, por hacer de mí una persona honesta y responsable, por enseñarme a luchar por mis sueños, por su amor incondicional y sus consejos, por todo su trabajo y esfuerzo, gracias porque sin ustedes no lo habría logrado.

A mi hermano mayor Mauro Humberto Arévalo Blanquet por darme siempre el ejemplo de ser una buena hija y estudiante, alentándome en el camino.

A mi hermano menor Néstor Fabián Arévalo Blanquet por alentarme a querer ser mejor persona para darle un buen ejemplo y consejos en su etapa de estudiante.

A Jesús Miguel López Vélez por todo lo que me has enseñado, por tu paciencia, tu apoyo y tu amor incondicional siempre, muchas gracias.

A mis tíos y primos Jovita Blanquet Colín, Nayeli Padilla Blanquet, Quirios Gerardo Alonso Padilla, Anayanzin Padilla Blanquet, por impulsarme a ser mejor cada día, y creer en mí.

A mis abuelos Laura Sanmiguel, Humberto Arévalo, Adelaida Colín por estar conmigo, aconsejarme y darme su cariño.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	4
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Pan.....	6
2.1.1 Historia del pan	6
2.1.2 Definición y tipos de pan	7
2.1.3 Materias primas.....	8
a) Harina de trigo	9
b) Agua	9
c) Sal	10
d) Levadura.....	10
2.1.4 Tipos de levadura utilizados en panificación	10
a) Levadura natural o levadura de masa:	10
b) Levadura comercial o levadura de panadería:.....	11
c) Levaduras químicas o impulsores de masas:	11
2.1.5 Otros componentes del pan	11
2.1.5.1 Otros ingredientes	11
2.1.6 Calidad panadera de la harina	11
2.1.7 Elaboración del pan.....	13
2.1.7.1 Proceso de elaboración de sistemas.....	13
2.1.7.2 Proceso de elaboración con las particularidades propias de cada sistema de elaboración y de cada tipo de pan, el proceso de elaboración consta de las siguientes etapas.	13
2.1.8 Tendencias actuales en panificación.....	16
2.1 Quinoa.....	17
2.2.1 Nutrición, mercado e investigación.....	18
2.2.2 Harina de quinoa	20

2.2 Harina de arroz.....	20
2.3 Enfermedad Celiaca	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
Etapa 1. Formulaciones	26
Etapa 2. Elaboración del pan, análisis físico y pruebas de gusto.....	26
Etapa 3. Preparación de la muestra y caracterización química.....	28
Determinación de materia seca total (%MST)	29
Humedad (%H).....	30
Cenizas totales o minerales (%C)	30
Extracto Etéreo (lípidos) (%EE).....	30
Proteína cruda (%PC)	31
Fibra cruda (%FC).....	32
Polifenoles Totales	32
Flavonoides.....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
Proteína cruda (%PC)	34
Ceniza total o minerales (%C).....	37
Extracto etéreo (lípidos) (%EE)	39
Fibra cruda (%FC).....	41
Carbohidratos totales (%ELN).....	43
Valor energético (kcal/100g).....	45
Polifenoles totales	46
Flavonoides	48
Análisis físico.....	50
Altura de la masa y del producto terminado	50
Miga (#Alveolos).....	52
Esponjosidad.....	54
5. CONCLUSIONES	56
6. BIBLIOGRAFÍA.....	57

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de elaborar un pan dulce a base de harina de quinoa y arroz en diferentes concentraciones para incrementar contenido nutricional y compararlo con un pan comercial.

Se determinaron las concentraciones de harina de quinoa y harina de arroz a utilizar en la elaboración del pan dulce.

Se realizaron las pruebas correspondientes de la caracterización química como fue proteína cruda, ceniza total, extracto etéreo o lípidos, carbohidratos, fibra cruda, polifenoles totales, flavonoides, contenido calórico, de las diferentes formulaciones.

Se determinó un análisis físico donde se midió la altura de la masa, altura del pan dulce terminado, el número de alveolos que contenía, esponjosidad, entre otras.

Los resultados obtenidos indicaron que la mejor formulación para realizar un pan dulce que logre aumentar su contenido nutricional es el que contiene 100% harina de quinoa, teniendo los mejores valores obtenidos en la caracterización química donde sobresalen, la proteína, ceniza, fibra cruda, carbohidratos y flavonoides. En cuanto a las demás pruebas no hubo diferencia significativa en los resultados por lo que se podría decir que se cumplió el objetivo de aumentar su contenido nutricional, además de tener un buen sabor, textura, esponjosidad y miga.

**Correo electrónico: Dulce Fernanda Arévalo Blanquet
blanquet97dulce@hotmail.com**

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se llevó a cabo a través de un plan de diagnóstico, el cual nos proporcionó la información para su desarrollo.

En estos tiempos existen cada vez más personas intolerantes al gluten, es decir padecen de la enfermedad celiaca, esta es una enfermedad mediada por el sistema inmune, que se desencadena en individuos genéticamente susceptibles al ingerir gluten de distintos tipos de cereales. Hasta la fecha el único tratamiento para esta enfermedad es simplemente dejar de ingerirlo, por este motivo hay una gran demanda por parte del consumidor para la compra de productos libres de gluten.

Hace algunos años el pan se convirtió en el alimento diario para el consumo humano, en nuestros tiempos los avances tecnológicos han sido totalmente sorprendentes, y ha causado que cualquier producto resulte elaborarse más fácil, rápido, y seguro, sin embargo también se ha aumentado una gran competencia en el mercado.

Por ello se busca innovar este producto utilizando una formulación que ayude a aumentar su valor nutricional y así poder ayudar a las personas con la enfermedad celiaca.

Los ingredientes utilizados en el proceso de elaboración del pan se han empleado desde tiempos muy antiguos, ya que en la Edad de Piedra se elaboraba una especie de torta de agua y trigo machacado, que resultaba muy poco digestiva. Poco a poco se descubrió que al mezclar una masa del día anterior con la inicial, esta torta se hacía más blanda e iba perdiendo esa forma tan grotesca que tenía. Así comienza la levadura natural gracias a lo que hoy es llamado masa madre, y esto en el siglo XIX se descubrió la levadura artificial revolucionando el concepto de panadería.

Hablando más sobre este producto se podría decir que el principal componente de la formulación de masa panaria, es la harina, que procede del proceso de molturación de los cereales, siendo la harina de trigo la más utilizada. Es por esto que se utilizara una formulación de dos cereales distintos para su elaboración.

Se escogieron los cereales más adecuados para cumplir el objetivo de no solo crear un pan para celíacos, si no también que aumente el valor nutricional de este.

Una de las harinas que se utilizaron fue del cereal *Chenopodium* quinoa, debido a su alto potencial agrícola y nutritivo. Hoy en día es considerado un producto “estrella” en el mundo por sus propiedades nutritivas y medicinales. Presenta diferentes variedades de especies, y es el único entre los cereales que posee todos los aminoácidos, además de ser la única alternativa entre los alimentos de origen vegetal para reemplazar la proteína animal (Anaya Félix, 2013). Entre el 16 y el 20% del peso de una semilla de quinua lo constituyen proteínas de alto valor biológico, entre ellas todos los aminoácidos, incluidos los esenciales, es decir, los que el organismo es incapaz de fabricar y por tanto requiere ingerirlos con la alimentación. Los valores del contenido de aminoácidos en la proteína de los granos de quinua cubren los requerimientos de aminoácidos recomendados para niños en edad preescolar, escolar y adultos (José Hernández, 2015).

Cien gramos de quinua contienen casi el quíntuple de lisina, más del doble de isoleucina, metionina, fenilalanina, treonina y valina, y cantidades muy superiores de leucina (todos ellos aminoácidos esenciales junto con el triptófano) en comparación con 100 gramos de trigo. Además supera a éste –en algunos casos por el triple- en las cantidades de histidina, arginina, alanina y glicina además de contener aminoácidos no presentes en el trigo como la prolina, el ácido aspártico, el ácido glutámico, la cisteína, la serina y la tirosina, todos ellos aminoácidos no esenciales (FAO, 2011).

Otra de las principales materias primas que se utilizaron fue la harina de arroz. El arroz es uno de los alimentos de mayor consumo en todo el planeta, por su fácil cultivo y por su equilibrio nutricional, en su composición resaltan hidratos de carbonos, minerales, vitaminas, proteína vegetal de buena calidad, fibra aunque en pequeñas cantidades, no contiene gluten y es baja en sodio (Biotrendies, 2018).

Tomando en cuenta la información anterior se planteó que el objetivo de este proyecto es elaborar un pan dulce a base de harina de *Chenopodium* quinoa y arroz, para incrementar cualidades nutritivas.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La enfermedad celiaca es un problema digestivo que daña el intestino delgado y altera la absorción de las vitaminas, minerales y demás nutrientes que contienen los alimentos. Los pacientes con enfermedad celíaca no toleran una proteína llamada gluten, que se encuentra en los cereales (trigo, avena, cebada, centeno).

Cuando ingieren alimentos que contienen gluten, su sistema inmune responde y se produce el daño en la mucosa del intestino delgado. La alteración de la absorción de los alimentos conlleva a una malnutrición, aunque se mantenga una ingesta adecuada.

En los últimos años esta ha aumentado y afectado a la población especialmente a las personas del sexo femenino. Y hasta ahora el único tratamiento para esta enfermedad es dejar de consumir la proteína ya antes mencionada.

Actualmente en el mercado existe la tendencia de crear productos libres de gluten y por ello surge la idea de crear un pan dulce con harina de quinoa y arroz.

Se eligieron estas materias primas ya que contienen diferentes propiedades nutrimentales que nos ayudaran a que aparte de que el pan sea un producto libre de gluten contendrá un mayor contenido de nutrientes, a comparación de otros que ya existen en el mercado. Haciendo así que todo tipo de consumidor pueda y quiera adquirirlo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un pan dulce a base de harina de quinoa y arroz, para incrementar contenido nutricional.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar las formulaciones para la elaboración del pan.
2. Determinar los parámetros físicos de altura, esponjosidad y miga para escoger el más adecuado para el producto
3. Determinar la caracterización química de cada una de las formulaciones para verificar su contenido nutricional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Pan

2.1.1 Historia del pan

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años. Al principio era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes.

Fue en Egipto donde apareció el primer pan fermentado, cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mejor gusto. Existen bajorrelieves egipcios (3000 años a. de J.C.) sobre la fabricación de pan y cerveza, que sugieren que fue en la civilización Egipcia donde se utilizaron por primera vez los métodos bioquímicos de elaboración de estos alimentos fermentados.

Los galos, después de Plinio, utilizaron la espuma de la cerveza para elaborar pan. Esta técnica fue olvidada y redescubierta en el siglo XVII convirtiéndose en práctica habitual en Europa hasta 1800. En el siglo XIX las levaduras de las cervecerías fueron remplazadas por las procedentes de las destilerías de alcohol de cereales. A finales del siglo XIX, a raíz de los trabajos de Pasteur, se desarrolla una industria específica para la producción de levaduras que culmina en 1920 con un moderno método de producción de levaduras de panadería (*Saccharomyces cerevisiae*), inventado por el danés Soren Sak y denominado «Método Zero» ya que evita la producción de etanol.

Durante los siglos XIX y XX los oficios familiares dan paso a la construcción de fábricas que incrementan la capacidad de producción de alimentos básicos, entre ellos el pan y los productos de panadería, llegándose en nuestros días a dos tendencias hasta cierto punto contrapuestas. Por un lado, los cambios en el estilo de vida y la difusión de los congeladores y de los hornos microondas han conllevado un aumento de la

demanda de alimentos (entre ellos el pan) de más cómoda preparación y adecuados para su almacenamiento en congeladores. Por otro lado, existe también una cierta demanda de alimentos lo más parecidos posible al alimento tradicional. Estas dos tendencias han tenido una repercusión importante en la panificación moderna (Mesas, J. M.; Alegre, M. T., 2002).

2.1.2 Definición y tipos de pan

Según la «Reglamentación Técnico Sanitaria para la Fabricación, Circulación y Comercio del Pan y Panes Especiales» el pan y sus distintos tipos se definen de la siguiente manera:

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*

El Código Alimentario Español diferencia dos tipos de pan.

Pan común, se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados. Dentro de este tipo se incluyen:

Pan bregado, de miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores.

Pan de flama o de miga blanda, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración.

Pan especial, es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, entre otros.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado,

o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común. Como ejemplos de pan especial tenemos:

Pan integral, es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo.

Pan de Viena o pan francés, es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche o ambos a la vez.

Pan de molde o americano, es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes.

Pan de cereales, es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo: pan de centeno, pan de maíz, etc.

Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc., son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida.

2.1.3 Materias primas

A raíz de las anteriores definiciones, las materias primas utilizadas en la elaboración del pan son: harina, agua, sal, levadura y otros componentes. Evidentemente la utilización de las 4 primeras conduce a la elaboración de pan común, la ausencia de alguna de ellas o la inclusión de algún componente especial conlleva la elaboración de pan especial.

a) Harina de trigo

La denominación harina, sin otro calificativo, designa exclusivamente el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio. Si se trata de otros granos de cereales o de leguminosas hay que indicarlo, por ejemplo: harina de maíz, harina de cebada, etc. Si en la harina aparece no sólo el endospermo, sino todos los componentes del grano se llama harina integral.

Composición media de las harinas panificables oscila entre los siguientes valores:

Humedad: 13 - 15%.

Proteínas: 9 - 14% (85% gluten).

Almidón: 68 - 72%.

Cenizas: 0.5 - 0.65%.

Materias grasas: 1 - 2%.

Azúcares fermentables: 1 - 2%.

Materias celulósicas: 3%.

Enzimas hidrolíticas: amilasas, proteasas, etc.

Vitaminas: B, PP y E.

La legislación española limita al 15% el máximo de humedad, al 9% el mínimo de proteína y al 30% el máximo de acidez de la grasa. El 85% de las proteínas son Gliadinas y Gluteninas, proteínas insolubles que en conjunto reciben el nombre de gluten debido a su capacidad para aglutinarse cuando se las mezcla con agua dando una red o malla que recibe igualmente el nombre de gluten. Esta propiedad que poseen las proteínas del trigo y que (salvo raras excepciones como el centeno) no poseen las proteínas de otros cereales, es la que hace panificables las harinas de trigo y la que proporciona las características plásticas de la masa de pan (Mesas, J. M.; Alegre, M. T., 2002).

b) Agua

Es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con

el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan.

c) Sal

Su objetivo principal es dar sabor al pan. Además es importante porque hace la masa más tenaz, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan.

d) Levadura

En panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa con el fin de hacerla fermentar de modo que se produzca etanol y CO₂. Este CO₂ queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen. A este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa. Los microorganismos presentes en la levadura son principalmente levaduras que son las responsables de la fermentación alcohólica, pero también se pueden encontrar bacterias que actúan durante la fermentación dando productos secundarios que van a conferir al pan determinadas características organolépticas, en concreto una cierta acidez.

2.1.4 Tipos de levadura utilizados en panificación

a) Levadura natural o levadura de masa:

Se prepara a partir de la microbiota de la propia harina. Para ello, en 3 ó 4 etapas sucesivas, se mezclan harina y agua, se amasa y se deja reposar la masa para que fermente de modo espontáneo. Poco utilizada en la actualidad como levadura única, salvo en elaboraciones artesanales muy concretas, tiene su principal aplicación en la elaboración de la masa madre empleada en el sistema de elaboración mixto.

b) Levadura comercial o levadura de panadería:

Se prepara industrialmente a partir de cultivos puros generalmente de *Saccharomyces cerevisiae*. Se comercializa en distintas formas: prensada, líquida, deshidratada activa o instantánea, en escamas. Tiene aplicación en todos los sistemas actuales de elaboración de pan.

c) Levaduras químicas o impulsores de masas:

Son aditivos gasificantes que básicamente consisten en la mezcla de un ácido y un compuesto alcalino que con el amasado y el calor de la cocción reaccionan generando CO₂. Su aplicación real corresponde más a la pastelería que a la panificación.

2.1.5 Otros componentes del pan

Pueden ser simples aditivos o coadyuvantes tecnológicos que se emplean en baja proporción y cuyo único objetivo es favorecer el proceso tecnológico de elaboración del pan. En este caso se les denomina mejorantes y su empleo no significa que el pan elaborado sea un pan especial. Entre los más comunes: harina de habas, harina de malta, leche en polvo, ácido ascórbico, enzimas, entre otros.

2.1.5.1 Otros ingredientes

Sus objetivos son: o bien aumentar el valor nutritivo del pan o bien proporcionarle un determinado sabor. Su empleo da siempre panes especiales. Entre los más comunes: azúcares, leche, materias grasas, huevos, frutas, entre otros.

2.1.6 Calidad panadera de la harina

La harina, materia prima esencial en la elaboración del pan, debe ajustarse a unos parámetros de calidad para que sea adecuada en panificación. Entre ellos destaca la fuerza de la masa elaborada con esa harina (fuerza de la harina) la cual depende de la cantidad y calidad de su gluten y se mide con el Alveógrafo de Chopin. Este aparato mide la presión soportada por una burbuja de masa hasta que estalla y la registra sobre papel dando un alveograma como se muestra en la Figura 1.

Atendiendo al tipo de alveograma obtenido en los ensayos de panificación existen distintos tipos de masa que corresponden a distintos tipos de harina: masas de mucha tenacidad (harinas de mucha fuerza) impiden un buen levantado de la masa por lo que se destinan a la elaboración de pastas extrusionadas, masas equilibradas que desarrollan bien durante la fermentación y cocción y se destinan a panificación, masas de poca fuerza (harinas flojas) que no aguantan bien la presión del CO₂ durante la fermentación y cocción y se destinan a la elaboración de magdalenas, galletas y productos similares o bien a mezclarlas con harinas de mucha fuerza.

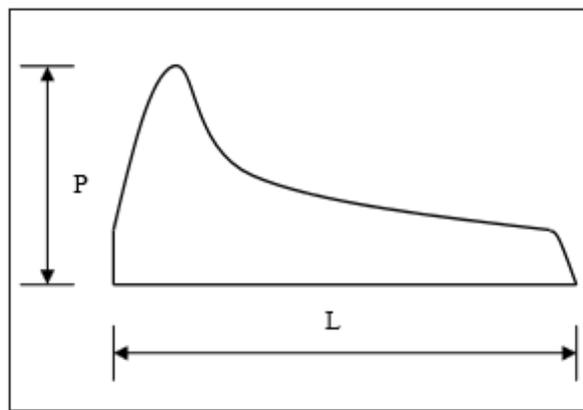


Figura 1. Ejemplo de alveograma. La altura (P) indica la tenacidad de la masa, la longitud (L) indica la extensibilidad de la misma, su cociente (P/L) indica el equilibrio entre ambos parámetros.

Fuente: Mesas, J. M.; Alegre, M. T., 2002.

2.1.7 Elaboración del pan

2.1.7.1 Proceso de elaboración de sistemas

Existen tres sistemas generales de elaboración de pan que vienen determinados principalmente por el tipo de levadura utilizado, son los siguientes:

- a. Directo: es el menos frecuente y se caracteriza por utilizar exclusivamente levadura comercial. Requiere un periodo de reposo de la masa de unos 45 minutos antes de la división de la misma. No es útil en procesos mecanizados con división automática volumétrica.
- b. Mixto: es el sistema más frecuente en la elaboración de pan común. Utiliza simultáneamente masa madre (levadura natural) y levadura comercial. Requiere un reposo previo a la división de la masa de sólo 10–20 minutos. Es el más recomendable cuando la división de la masa se hace por medio de divisora volumétrica.
- c. Esponja o «poolish»: es el sistema universalmente empleado en la elaboración de pan francés y sobre todo en la de pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30 – 40% del total de la harina, la totalidad de la levadura (comercial) y tantos litros de agua como kilos de harina. Se deja reposar unas horas, se incorpora el resto de la harina y del agua y a partir de ahí se procede como en el método directo.

2.1.7.2 Proceso de elaboración con las particularidades propias de cada sistema de elaboración y de cada tipo de pan, el proceso de elaboración consta de las siguientes etapas.

- a) Amasado: Sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa así como su perfecta oxigenación. El amasado se realiza en máquinas denominadas amasadoras, que constan de una artesa móvil donde se colocan los ingredientes y de un elemento amasador cuyo diseño

determina en cierto modo los distintos tipos de amasadoras, siendo las de brazos de movimientos variados (sistema Artofex) y las espirales (brazo único en forma de «rabo de cerdo») las más comúnmente utilizadas en la actualidad.

- b) División y pesado: Su objetivo es dar a las piezas el peso justo. Si se trata de piezas grandes se suelen pesar a mano. Si se trata de piezas pequeñas se puede utilizar una divisora hidráulica, pesando a mano un fragmento de masa múltiplo del número de piezas que da la divisora. En las grandes panificadoras donde el rendimiento horario oscila entre las 1000 y 5000 piezas se suele recurrir a las divisoras volumétricas continuas.
- c) Heñido o boleado: Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división. Puede realizarse a mano, si la baja producción o el tipo de pan así lo aconsejan. O puede realizarse mecánicamente por medio de boleadoras siendo las más frecuentes las formadas por un cono truncado giratorio.
- d) Reposo: Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la degasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente en el propio obrador o mucho mejor en las denominadas cámaras de bolsas, en las que se controlan la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma.
- e) Formado.- Su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma. Si la pieza es grande o tiene un formato especial suele realizarse a mano. Si se trata de barras, que a menudo suponen más del 85% de la producción de una panadería, se realiza por medio de máquinas formadoras de barras en las que dos rodillos que giran en sentido contrario aplastan el fragmento de masa y lo enrollan sobre sí mismo con ayuda de una tela fija y otra móvil.

- f) Fermentación.- Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO₂ y algunos productos secundarios. En el caso de utilizar levadura de masa se producen en menor medida otras fermentaciones llevadas a cabo por bacterias. Los objetivos de la fermentación son la formación de CO₂, para que al ser retenido por la masa ésta se esponje, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina. En un sentido amplio la fermentación se produce durante todo el tiempo que transcurre desde que se han mezclado todos los ingredientes (amasado) hasta que la masa ya dentro del horno alcanza unos 50°C en su interior. En la práctica se habla de varias fases o etapas:

La prefermentación correspondiente a la elaboración de la masa madre o de la esponja en los métodos indirectos.

La fermentación en masa, es el periodo de reposo que se da a la masa desde que finaliza el amasado hasta que la masa se divide en piezas. Es una etapa larga en la panificación francesa y en algunas elaboraciones españolas como la chapata gallega, pero es muy corta o inexistente en las elaboraciones mecanizadas del pan común español.

La fermentación intermedia, es el periodo de reposo que se da a la masa en las cámaras de bolsas tras el boleado y antes del formado.

La fermentación final o fermentación en piezas es el periodo de reposo que se da a las piezas individuales desde que se practicó el formado hasta que se inicia el horneado del pan. Esta fase suele realizarse en cámaras de fermentación climatizadas a 30°C y 75% de humedad durante 60 a 90 minutos, aunque los tres parámetros pueden variar según las necesidades del panadero.

Corte: Operación intermedia que se hace después de la fermentación, justo en el momento en que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas. Su objetivo es permitir el desarrollo del pan durante la cocción.

Cocción: Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza. La cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde los 220 a los 260°C, aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100°C.

Los hornos utilizados en panadería pueden ser continuos (hornos de túnel), cuando es posible alimentarlos con una secuencia ilimitada de piezas, o discontinuos cuando una vez cargados con la totalidad de las piezas hay que esperar a que se cuezan para sacarlas e introducir una nueva carga (hornos de solera, hornos de pisos, hornos de carros, entre otros.). Tras la cocción y enfriamiento el pan está listo para su consumo, aun así el proceso completo puede que conlleve rebanado y/o empaquetado.

2.1.8 Tendencias actuales en panificación

Los cambios de estilo de vida de la sociedad moderna, aludidos en la introducción de este artículo, unidos al exigente deseo del consumidor por disponer de pan reciente de modo constante, han hecho evolucionar la panificación con una serie de tendencias actuales que distan bastante de la forma tradicional de elaborar pan. Estas tendencias pueden ser resumidas como sigue:

Amasado intensificado: Consiste en un amasado rápido a alta velocidad que ahorra mucho tiempo de amasado y oxigena mucho la masa lo que da panes de miga muy blanca, aunque en contrapartida son más insípidos.

Proceso continuo: Consiste en el encadenamiento mecanizado de todas las etapas de la panificación de modo que desde el amasado hasta la cocción inclusive todo el proceso se realiza de forma ininterrumpida. Esta forma de panificar es propia del sistema anglosajón en el que la tendencia general es la alta producción de un sólo tipo de pan.

Diversificación de productos: Corresponde al sistema francés de panificación, que es asimismo el arraigado en España. Consiste en proporcionar al mercado una gama de productos lo suficientemente amplia como para atraer y satisfacer los gustos y necesidades de los consumidores. Esta forma de panificar es perfectamente mecanizable en su totalidad pero su procesado en continuo no suele ser rentable.

Fermentación controlada: Consiste en bloquear por frío la fermentación y reactivarla en el momento deseado. Su principal objetivo es permitir un constante suministro de pan reciente haciendo más llevadera la profesión del panadero, a menudo sometido a largos e intempestivos horarios

Congelación de las masas: Consiste en congelar las masas crudas, ya sea antes o después del formado, con el fin de distanciar a voluntad el amasado y la cocción. Con un objetivo similar al anterior, esta técnica permite separar las etapas del proceso en el tiempo y en el espacio ya que es en los puntos de venta, frecuentemente grandes superficies distantes del punto de elaboración, donde se realiza la descongelación y cocción del pan. Esta técnica permite asimismo a las pequeñas panaderías disponer de una amplia gama de productos de menor venta sin tener que elaborar a diario.

Pan precocido congelado: Consiste en cocer el pan en 2 etapas mediando entre ellas un periodo de congelación más o menos largo, lo que permite disponer de pan caliente de forma constante en terminales de cocción sin necesidad de disponer en ellos de personal altamente cualificado como es el caso del empleo de masas congeladas (Mesas, J. M.; Alegre, M. T., 2002).

2.1 Quinoa

La quinoa, grano originario de los Andes sudamericanos, forma parte de la vida del mundo andino desde antes de la formación del Tahuantinsuyo, siendo parte de la alimentación a través de diversas formas. El objetivo de este trabajo fue analizar de forma crítica y desde una perspectiva interdisciplinaria y macro-general, la realidad

actual de la relación de la quinua con la estandarización. La ciencia andina reconoció sus bondades mucho antes que la ciencia moderna/convencional, siendo esta última aparentemente una herramienta de las relaciones de poder que fomentan –consciente o inconscientemente– la estandarización en dirección a una «commoditización» del conocimiento de sus actores, por tratarse de una investigación que articula mercado y bienestar. Su énfasis en la productividad y especialización en determinadas semillas y tipos así lo evidencia, beneficiando a quienes ejercen el poder, mediante el aumento de su tasa de lucro. Mecanismos como la calidad y nutrición, empleados como elementos «discursivos», resultan agentes clave para fomentar el consumo y fomentar una visión mercantilista en el agricultor, articulando a la quinua en la gobernanza de «cadenas de valor». Este escenario resulta distinto a la visión andina de la quinua – de característica secular–, donde el modo de vivir, soberanía y/o suficiencia alimentaria y visión holística son actores relevantes. En aquélla la quinua es primero un alimento, a diferencia de la visión occidental donde el medio para vivir, seguridad alimentaria y visión parcializada es dominante–, para la cual la quinua es una mercadería. Si bien la estandarización es importante, requiere ser continuamente debatida y analizada, pues de lo contrario se direccionará hacia la «commoditización» como sucediera en los casos de la soja, caña de azúcar, entre otros, hoy mercaderías y no alimentos.

2.2.1 Nutrición, mercado e investigación

Este cereal andino tiene una importante calidad nutricional por su contenido proteico, siendo rico en aminoácidos, lisina y azufrados, en tanto que los cereales «comunes» son deficientes en aminoácidos.

Su proteína encierra los requerimientos de aminoácidos esenciales de proteínas o nitrógeno total del adulto, al tiempo que presenta un balance entre esos aminoácidos esenciales; tiene elevada lisina en semillas y hojas, que se puede utilizar durante todo el ciclo de la planta.

En 1996 fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no solo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos,

sino también por considerarla una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana.

Dentro de sus diversas características está la posibilidad de combinarse con leguminosas como habas secas, frejol y/o tarwi; actualmente se encuentran subproductos elaborados o semielaborados a precios elevados y a veces inalcanzables para la mayoría de la población. Del grano entero o harina de quinua se obtienen casi todos los productos de la industria de harina convencional, pero su principal ventaja como suplemento está en la satisfacción de la creciente demanda en el ámbito internacional: productos libres de gluten.

La planta entera se utiliza para la alimentación animal, uso medicinal e industrial.

Para la FAO la quinua es una planta que puede jugar un rol importante para la seguridad alimentaria del mundo. Las variaciones de nutrientes son considerables, lo que refleja su potencial nutricional. Sin embargo es necesario contar con información de «alta calidad», especialmente acerca de sus minerales y Vitaminas (Olarde-Calsina y cols, 2016).

La quinua es un alimento, cuyos valores nutricionales se destaca por ser el más completo en cuanto a aminoácidos⁵, en comparación a otros, ya que contiene los 20 aminoácidos incluyendo los 10 más esenciales. Por ejemplo contiene 40% más de licina⁶ que la leche misma. La composición de estos aminoácidos permiten formar lo que se conoce como proteína y la quinua al contener todos los aminoácidos, provee entonces proteína de alta calidad, convirtiéndola en la más completa entre los cereales y muy competitiva con la proteína animal procedente de la carne, leche y huevos. También es para destacar el bajo nivel de grasa en comparación a otros cereales, constituyéndose así en un producto sin colesterol. En lo que respecta a los aportes de minerales, la quinua muestra superioridad sobre los demás cereales en cuanto a Fósforo (P), Magnesio (Mg), Potasio (K), Hierro (Fe), Zinc (Zn) y sobre algunos en cuanto a Calcio (Ca) y Manganeso (Mn). Además de lo indicado, la quinua provee de vitaminas naturales, especialmente A, C, D, B1, B2, B6 y ácido fólico (Ayala Félix, Fernando Javier, 2013).

2.2.2 Harina de quinoa

La utilización de harinas compuestas ha sido fundamental en la elaboración de productos con mayores propiedades nutrimentales. Las materias primas utilizadas como suplemento normalmente son de origen animal o vegetal que son capaces de proporcionar nutrientes que son deficientes en el alimento tradicional (Francisco Vásquez y cols, 2016).

Las harinas de quinua son una materia prima potencial como extensor cárnico, debido a su buen contenido de proteína, almidón y otros componentes. Además, como otros extensores, es de utilidad en reducir los costos en la producción de derivados de la carne (debido a que reemplaza parte de ella), y ofrece beneficios tecnológicos y nutricionales, los cuales dependen de la cantidad, composición, conformación, propiedades físicas y funcionales de las proteínas que contiene.

En este sentido puede competir con otros extensores como el trigo, el chachafruto o la soya, a pesar de estas dos últimas tener mayor contenido proteico. El reemplazo parcial de la harina de trigo con otras harinas mejora la calidad nutricional de los productos horneados (panes), pero se ha determinado que pseudocereales como el amaranto, la quinua y el alforfón, presentan perfiles reológicos diferentes al trigo, lo cual afecta la calidad sensorial de dichos productos (José Hernández, 2015).

2.2 Harina de arroz

Entre los cereales considerados aptos para ser consumidos por la población celíaca (maíz, arroz, sorgo) y que han sido objetos de estudios para intentar sustituir al trigo en la formulación de productos panificados, el arroz es el más utilizado. Esto es debido a que por su bajo contenido en prolaminas, su carácter hipoalergénico, sabor insípido, bajo contenido en sodio y alto contenido de carbohidratos de fácil digestión, lo transforman en un cereal especialmente apto no sólo para preparar alimentos para celíacos, sino también para intervenir en dietas especiales.

Sin embargo, los panes elaborados utilizando tanto el arroz como cualquier otro de los cereales mencionados, como sustitutos del trigo, raramente cuentan con buena aceptabilidad. La imposibilidad de las harinas de estos cereales de formar una fase continua y estructura de masa cuando son mezcladas con el agua es debido a la falta de propiedades viscoelásticas que sólo poseen las proteínas formadoras de gluten presentes en el trigo y que son imprescindibles para obtener panes de buena calidad.

Para lograr esta aceptabilidad es necesario que los panes libres de gluten, formulados con estos cereales, tengan características de calidad similares a los panes elaborados con harina de trigo.

Por otra parte trabajando con harinas procedentes de distintos cultivares de arroz en la elaboración de galletas tipo crackers para enfermos celíacos, encontraron que los productos eran aceptables pero con una tendencia a la disminución del volumen y al aumento de la dureza de las mismas como consecuencia del tiempo de almacenamiento de dichos cultivares.

Para intentar aproximarse a un pan de calidad aceptable, se han llevado a cabo estudios en donde se han incorporado a la formulación ingredientes capaces de aportar propiedades viscoelásticas a la masa que contribuyan a la retención del gas producido durante la fermentación, aspecto de fundamental importancia para la formación y el establecimiento de la estructura que determina la textura final característica del pan elaborado con harina de trigo.

Estos ingredientes son en su mayoría hidrocoloides tales como hidroxipropilmetilcelulosa, espina corona, goma xántica, goma guar, carboximetilcelulosa y gelatina. Se trabajaron en una serie de ensayos con dos tipos de arroces: grano largo y grano corto. Las harinas de estas muestras fueron utilizadas en la elaboración de pan con aditivos como la hidroxipropilmetilcelulosa. Compararon los resultados obtenidos con harina de trigo (100 %) y con harina de trigo/harina de arroz (50-50), encontrando una importante mejora en las propiedades panificables y

en la calidad de textura de miga con las muestras obtenidas a partir del arroz grano largo.

Algunos almidones y harinas modificados al hidratarse también producen un aumento de la viscosidad de la masa, a través de la formación de una red tridimensional capaz de retener gases y expandirse durante la fermentación y el horneado trabajando con transglutaminasa mejoraron las propiedades pseudoplásticas de los batidos realizados con harina de arroz. También se han realizado estudios con formulaciones para pan sin gluten, reemplazando una parte de harina de arroz por harina de arroz pregelatinizada y se ha observado que la funcionalidad de estas harinas depende del método de cocción utilizado.

Entre los métodos de cocción de cereales, se destaca la cocción por extrusión, que ofrece una amplia gama de productos con funcionalidades diferentes según el grado de cocción alcanzado y, en el caso del arroz, de las características del genotipo utilizado (tipo, contenido de amilosa, temperatura de gelatinización).

Se ha observado que el grado de cocción de la harina extrudida aumenta al disminuir el contenido de amilosa, indicando que la estructura del almidón se hace más susceptible a las modificaciones causadas por la extrusión, obteniéndose una mayor destrucción de la estructura granular del almidón durante la extrusión. Este efecto se verifica analizando los valores de la solubilidad en agua y las características amilográficas, particularmente la consistencia de retrogradación.

Estas dos propiedades están inversamente relacionadas, y son buenos indicadores del grado de cocción (grado de destrucción de las estructuras cristalina y granular). Es decir mayores valores de solubilidad y menores de retrogradación corresponden a grados de cocción mayores, analizaron el comportamiento de una formulación de pan «libre de gluten», cuando se reemplazó parte de una harina de arroz de alta amilosa, por la misma harina pre-cocida por extrusión y observaron una mejora en la calidad del pan obtenido. Sin embargo, no se encontraron referencias de trabajos sobre el

comportamiento de harinas precocidas por extrusión de diferentes genotipos de arroz cuando son empleadas en reemplazo total de harinas sin extrudir (Sánchez, H. D. y cols 2008).

2.3 Enfermedad Celiaca

La enfermedad celíaca (EC) se caracteriza por una inflamación crónica de la mucosa del intestino delgado por intolerancia al gluten, que resulta en atrofia vellositaria, malabsorción y síntomas clínicos que pueden manifestarse en la niñez y la adultez. La mayor prevalencia de EC se encuentra en aquellas personas con predisposición familiar y está asociada con enfermedades autoinmunes, como la artritis reumatoide, lupus eritematoso sistémico, enfermedad de Addison, enfermedad tiroidea autoinmune y hepatitis crónica activa. Al menos 7% de los pacientes con diabetes mellitus tipo I tienen también EC y aquellos con síndrome de Down, entre 5% a 12%. En Chile no existen estudios de prevalencia en población general y el aumento de casos en el último tiempo sugiere un elevado número de pacientes subdiagnosticados. Habitualmente se detecta en la infancia en presencia de diarrea crónica, malnutrición, detención en el desarrollo y atrofia de las vellosidades en biopsias duodenales. En los últimos años, se puede determinar con técnicas menos invasivas, con la identificación de anticuerpos en sangre, especialmente los antiendomiso (AE) y antitransglutaminasa (ATG).

Una dieta sin gluten equivale a la eliminación, en cualquier tipo de alimentos del: trigo, avena, centeno y cebada, así como sus harinas. El celíaco debe basar su dieta en alimentos naturales: legumbres, carnes, pescados, huevos, frutas, verduras, hortalizas y cereales sin gluten, tales como arroz y maíz. Deben evitarse, los alimentos elaborados y/o envasados, ya que es más difícil garantizar la ausencia de gluten. En la elaboración industrial de muchos alimentos como cecinas, quesos, bebidas con color caramelo, chocolates, helados, caramelos, gomas de mascar, caldos, sopas, gelatinas, leches en polvo, yogures se añade gluten como espesante, gelificante, o colorante. Otros productos son elaborados en base a trigo, como son: pastas, productos de panadería y de pastelería, cereales; y tragos derivados de trigo o cebada,

como cerveza, whisky y vodka. La EC no debe suponer ningún obstáculo para el desarrollo de una vida normal, aunque el ser celíaco implica una serie de limitaciones, una vez diagnosticada y tratada adecuadamente la enfermedad, deja de ser un problema (Cerezal Mezquita y cols, 2011).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 1. Materiales y equipos que se utilizaron para el análisis bromatológico

Nombre	Marca	Modelo	No° Serie
Estufa de secado	Thelco	27	-
Estufa de secado	Robertshaw	-	-
Balanza analítica	Ohaus	-	SND3401118393687
Aparato de reflujo	Laboconco	30001	54781
Equipo de digestión y destilación	Laboconco	-	-
Equipo de absorción atómica	Varian	-	AA1275
Mufla	Thermolyne	1500 FD 1535M	327010326759
Unidad de equipo Soxleth	Kimax	-	-
Almacén de reactivos	-	-	-
Fotocolorímetro	Termo Spectronic	Helios Epsilon	3SGF351002

A continuación se mencionan cada una de las etapas explicadas que se siguieron durante el proyecto para la elaboración del pan.

Etapa 1. Formulaciones

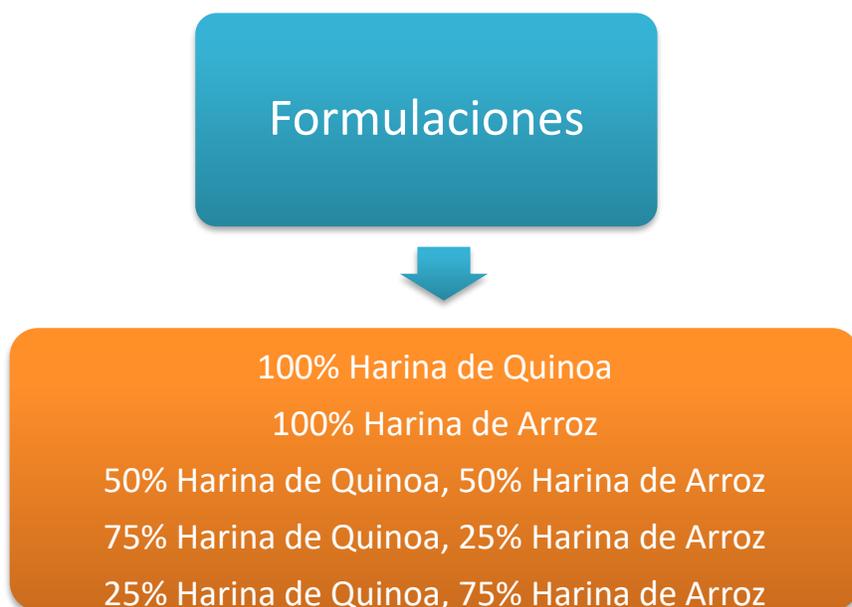


Figura 1. Formulaciones de harina realizadas para la elaboración del pan

En esta etapa se definieron 5 formulaciones con los dos tipos de harina Quinoa y arroz (Figura 2), con diferentes concentraciones una de Rexal y otras de levadura. Con la levadura se hicieron en diferentes concentraciones y para elegir la formulación con el sabor más agradable se evaluó con las personas que estaban en el laboratorio y sus comentarios, las concentraciones que se usaron fueron de: 0 g de levadura, 1 g de levadura, 3 g de levadura y 5 g de levadura en cada tipo de formulación.

Etapa 2. Elaboración del pan, análisis físico y pruebas de gusto

Posteriormente se realiza el pan dulce:

1. Se pone a precalentar el horno a 180°C tratando de mantenerlo siempre a esa temperatura.
2. Pesamos cada uno de los ingredientes con los pesos correspondientes como se muestra en la Tabla 2, esto es para cada 100 g de harina (la cantidad de harina y levadura será dependiendo de la formulación que se realice):

Tabla 2. Pesos de los ingredientes en cada 100 g de harina de quinoa o arroz, según el tipo de formulación que se esté realizando.

Ingredientes
8 mL de Margarina
0.09 g de Sal
51 g de miel
113 mL de leche
15 mL de huevo
2 mL de Vainilla

Cuando se utilizó Rexal se le agregaron 2.6 g, y cuando se usa la levadura se deja reposar la masa por al menos 40 minutos, en el recipiente previamente tapado y en un lugar cerca del horno para mantenerlo a una temperatura alta y así permitir que esta pueda fermentarse.

Ya pasado este tiempo se toman los moldes y se pesa la masa, tomándole también la altura que tiene, esto para poder comparar cuanto aumenta al momento que ya estén listos.

3. Se meten al horno y se dejan en el por un tiempo de 20 minutos.
4. Se realiza el análisis físico

Al pasar este tiempo se sacan del horno y se comienza a hacer el análisis físico, se toma la altura del pan dulce ya cocido, así como también la esponjosidad y el número de alveolos que se obtienen, se pesan y así sucesivamente con cada una de las formulaciones, estas mismas pruebas de esponjosidad y peso del pan y altura se hacen en un pan comercial que se compró, este va utilizara de testigo en todas las muestras de caracterización química para comparar los resultados con los que se obtendrán.

Al realizar cada una de estas, se eligió la formulación con 1 g de levadura, esto ya que las demás formulaciones tanto con Rexal y con mayor cantidad de levadura tenían un resabio desagradable, el pan dulce no tenía un buen aspecto en cuanto a la esponjosidad, dureza, entre otros.

5. Por ultimo de esta etapa se realiza el pan dulce con la formulación igual.



Figura 2. Harinas que se utilizaron para la elaboración del pan a) harina de quinoa “urcohuasi farms” b) harina de arroz “tres estrellas”

Etapas 3. Preparación de la muestra y caracterización química

Al tener el pan dulce elaborados se seleccionan al azar 3 muestras de cada formulación, se muelen y se colocan en una charola previamente pesada e identificada. Se lleva al horno de secado a 55°C durante aproximadamente 24 horas.

Al estar secos se sacan del horno, se dejan enfriar, y se pesa la charola. Se guardan en frascos herméticamente y ponerlos en un lugar seco, para evitar la humedad (Figura 3).

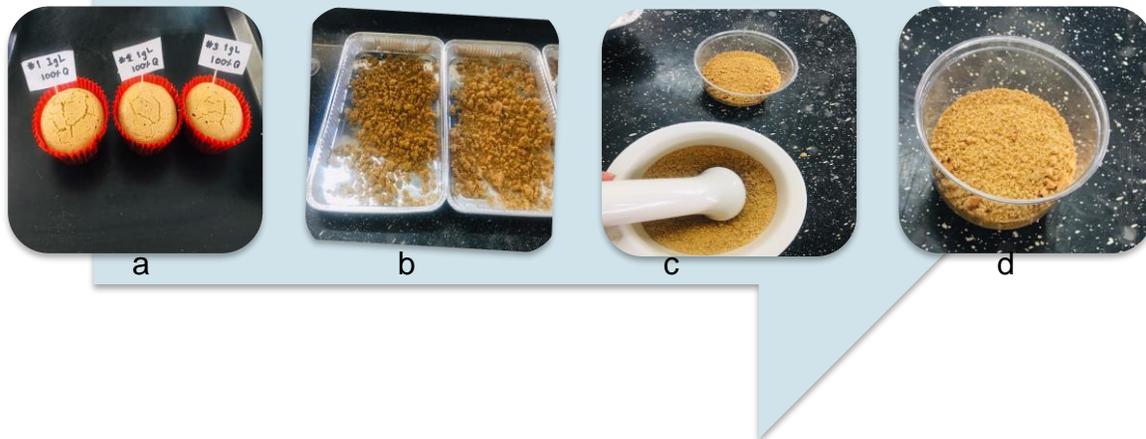


Figura 3. Procedimiento de preparación de la muestra a) selección de tres panes al azar. b) muestra en charolas para secado. c) molienda de la muestra. d) muestra almacenada en frasco.

La caracterización química del producto terminado se realizó de acuerdo al A.O.A.C 1980 con los siguientes métodos, y cada uno de ellos se realizó por triplicado para tener un resultado más seguro:

Determinación de materia seca total (%MST)

En la determinación de materia seca total, se pesó 1 g de muestra en un crisol de porcelana (el cual se colocó en una estufa a una temperatura de 100°C hasta obtener su peso constante), posteriormente, se incubó a 80°C por 24 horas, se dejó enfriar en un desecador y se registró su peso (AOAC, 1980)

La materia seca total obtenida fue calculada mediante la fórmula:

$$\% \text{ Materia seca total} = \frac{\text{Crisol con muestra seca} - \text{crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Humedad (%H)

La humedad se determinó a partir de los resultados que se obtuvieron en el análisis de la materia seca total.

Cenizas totales o minerales (%C)

En la determinación de cenizas se pesaron 2 g de muestra en un crisol de porcelana a peso constante, en una estufa a 100°C por 24 horas. La muestra se carbonizó a flama de mechero en una campana y posteriormente se introdujo en una mufla a una temperatura de 600°C por 4 horas (AOAC, 1980).

Nota: Las cenizas obtenidas se guardan para realizar la cuantificación de minerales por el método de espectrofotometría de absorción atómica.

El porcentaje de cenizas en la muestra se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Crisol con ceniza} - \text{crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Extracto Etéreo (lípidos) (%EE)

Para la determinación del contenido de lípidos se pesaron 5 g de muestra colocados en un dedal de celulosa introducido a un sifón, siendo unidos a un matraz bola fondo plano (sometido a peso constante) adicionado con 200 mL de éter de petróleo. Enseguida se insertó la parte superior del sifón al refrigerante y se deja en reflujo por 8 horas. Después de este tiempo, se recuperó el solvente ya mencionado contenido en el matraz, introduciendo el matraz en una estufa a temperatura de 60°C por 24 horas, pasado este tiempo se saca de la estufa dejando enfriar y posteriormente se pesa y se realizan los cálculos correspondientes (AOAC, 1980) (Figura 4)

Nota: La muestra desgrasada se guarda para la determinación de fibra cruda

El porcentaje de grasa obtenido se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{Extracto etéreo} = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso matraz solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$



Figura 4. Extracción de grasa por método Soxhlet.

Proteína cruda (%PC)

La determinación de proteína se realizó por el método Kjeldhal en el cual se colocó 1 g de muestra en polvo en un matraz, 4 perlas de vidrio, 3 g de catalizador mezcla reactiva de selenio y 30 mL de ácido sulfúrico concentrado. Los matraces se colocaron en el digestor Kjeldhal hasta obtener una mezcla color verde cristalino y deja enfriar. Una vez frías se adicionan 300 mL de agua destilada teniendo cuidado de no desprender vapor, 110 mL de hidróxido de sodio 45% y 6 granallas de zinc. En matraces Erlenmeyer de 500 mL se agrega 50 mL de ácido bórico al 4% y 6 gotas de indicador mixto. Posteriormente se destilan hasta obtener 250 mL de destilado, y este se titula con ácido sulfúrico 0.1 N.

El nitrógeno contenido se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{mL ácido sulfúrico gastados}) (0.014) (N \text{ del ácido sulfúrico})}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Finalmente el porcentaje de nitrógeno se multiplica por el factor 6.25 indicado por la AOAC (1980) para obtener el porcentaje de proteína cruda.

Fibra cruda (%FC)

El análisis de fibra cruda consistió en dos fases: Durante la primera fase se colocaron 2 g de muestra desgrasada en un vaso de Berzelius y 100 mL de ácido sulfúrico 0.0255 N sometiéndose a ebullición por 30 minutos y después se lavó con 100 mL de agua destilada aliente. En la segunda fase se midieron 100 mL de hidróxido de sodio 0.313 N y se colocaron en el mismo vaso, se calentó a ebullición por 30 minutos y nuevamente se lavó con 100 mL de agua destilada caliente. La fibra obtenida se colocó en un crisol de porcelana y se introdujo en una estufa a temperatura de 105°C durante 24 horas. Posteriormente se registró el peso del crisol y se calcino la muestra en una mufla a 500°C por 4 horas (AOAC, 1980).

El porcentaje de fibra cruda se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{peso del crisol con muestra seca} - \text{peso crisol con ceniza}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Polifenoles Totales

El contenido de polifenoles totales fue determinado mediante el método descrito por Pérez et al. Se tomó de 2 g aproximadamente; 25 µL del extracto fue mezclado con 450 µL de agua desionizada y 1500 µL de la solución A (1 % de SDS, 0,4 % NaOH, 2 % de Na₂CO₃, 0,16 % tartrato de sodio y potasio); a la solución A, se adicionó 1000 µL de CuSO₄ al 4 %. La mezcla fue incubada a 37 °C por 10 minutos. Luego se agregó 150 µL del reactivo Folin- Ciocalteu 0,2 N. La absorbancia fue medida a 750 nm y se utilizó ácido gálico como estándar de referencia.

Flavonoides

Los flavonoides totales fueron determinados por el método desarrollado por Zhishen et al⁷; una alícuota de 250 µL del extracto de la muestra fue mezclada con 1000 µL de agua desionizada; inmediatamente después se añadió 75 µL de NaNO₂ y se dejó reaccionar 5 minutos. Posteriormente, 75 µL de AlCl₃ al 10 % fue adicionado y 500 µL de NaOH 1 M. La mezcla fue centrifugada a 3500 r.p.m. durante 5 minutos. Los flavonoides totales fueron expresados en mg/g de muestra. Las absorbancias fueron medidas a 510 nm.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante todo el proceso, el paquete estadístico con el que se realizó el análisis Software StartPlus: Mac Pro versión 7.0. 1.0 de AnalystSoft Inc.

En esta sección se presentaran los resultados de manera más específica en gráficas, con diferentes colores y cada uno de ellos representa cada una de las formulaciones realizadas como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 3. Representación de colores de cada una de las formulaciones utilizadas

<i>Arroz 100%</i>	Blue
<i>Arroz 75% Quinoa 25%</i>	Orange
<i>Arroz 50% Quinoa 50%</i>	Red
<i>Arroz 25% Quinoa 75%</i>	Yellow
<i>Testigo comercial</i>	Purple
<i>Quinoa 100%</i>	Pink

Proteína cruda (%PC)

En la Tabla 4: Se muestran las medias de los porcentajes de proteína en las diferentes formulaciones realizadas Arroz 100% (A100), Arroz 75% Quinoa 25% (A75Q25), Arroz 50% Quinoa 50% (A50Q50), Arroz 25% Quinoa 75% (A25Q75), Testigo comercial (Test comercial) y Quinoa 100% (Q100), mostrando que dos de estas no tienen diferencias significativas y la que contiene un mayor porcentaje de proteína es el pan que contiene 100% Harina de quinoa con un valor de 3.664%, esto era de esperarse debido a que la quinoa es un cereal con un alto contenido en proteína, ayudando a cubrir los requerimientos nutrimentales que se necesitan. En la Figura 5 se muestra de manera gráfica cada media de los porcentajes de todas las formulaciones realizadas.

Tabla 4. Porcentajes de las medias del contenido de proteína en cada una de las formulaciones

Formulaciones	Media	
Test comercial	2.225	d
A100%	2.311	d
A75% Q25%	2.575	c
A50% Q50%	2.778	c
A25% Q75%	3.279	b
Q100%	3.664	a*

*Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher $p \leq (0.05)$

En un estudio realizado por (Machado, 2015) con diferentes tipos de harinas, y la composición nutricional que se presentó en 100 g de pan, se destacó en todas ellas su alto contenido de proteínas entre 7.3% y 9.5% atribuida principalmente a la participación de harina de lupino blanco e integral de quinoa, superando a los panes libres de gluten constituido por harina de arroz y almidón de maíz con un 3.4%. (Mirando villa y cols, 2018). Comparando este resultado con el que se obtiene en este proyecto tenemos que la cantidad de proteína en el pan es más bajo esto podría ser porque ellos utilizaron harina de quinoa integral.

La quinua es fuente de proteínas de muy buena calidad. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que, las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos. La proteína de la quinua cubre los requerimientos de aminoácidos esenciales, llena los requerimientos de proteínas o nitrógeno total del adulto, y aporta también las cantidades requeridas de cada uno de los aminoácidos esenciales más limitantes para síntesis de proteína tisular en el organismo. Además, presenta un balance adecuado de aminoácidos esenciales, elevada lisina en sus semillas y hojas, buen contenido de vitaminas, alto contenido de calcio, fósforo y hierro (Muñoz Jáuregui, Ana María 2013).

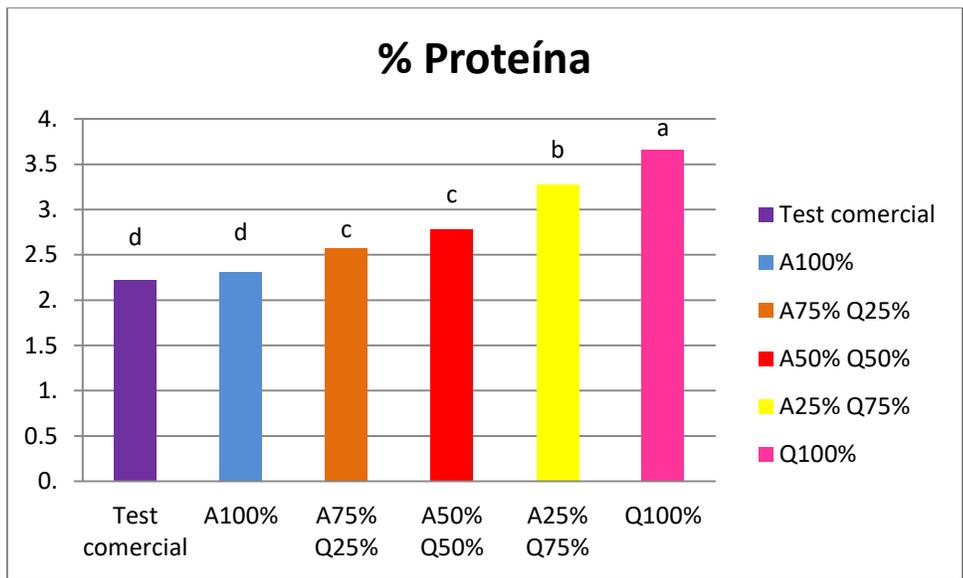


Figura 5. Porcentaje de las medias de proteína en las diferentes formulaciones del pan dulce

Ceniza total o minerales (%C)

En la Tabla 5: Se muestran los resultados del porcentaje de ceniza en las diferentes formulaciones, se muestra que todas tienen diferentes porcentajes y siendo la del contenido más alto la de 100% Harina de quinoa teniendo un valor de 2.203%.

Tabla 5. Porcentaje de las medias de ceniza en cada una de las formulaciones

Formulaciones	Media	
A100%	0.939	f
A75%Q25%	1.404	e
A50%Q50%	1.494	d
A25%Q75%	1.81	c
Test comercial	1.999	b
Q100%	2.203	a*

*Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher $p \leq (0.05)$

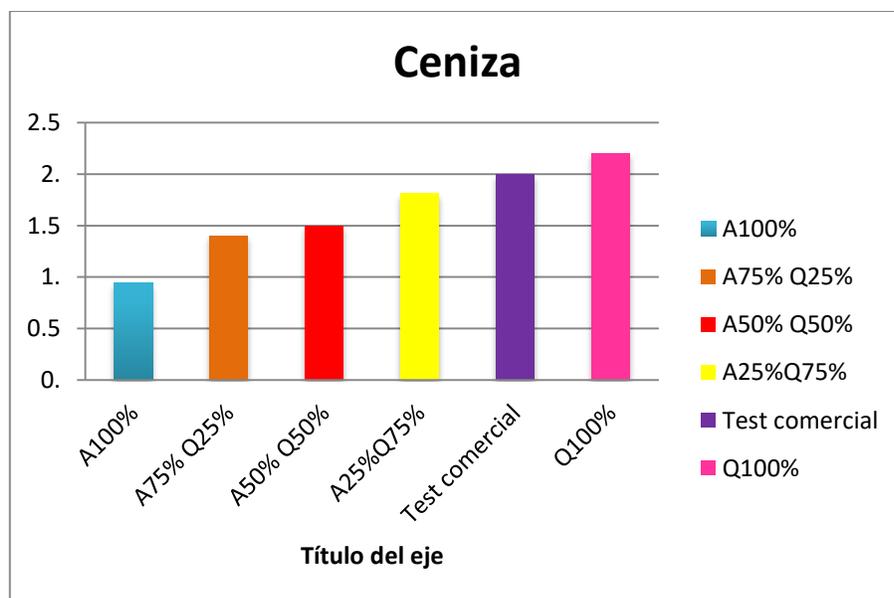


Figura 6. Porcentaje de las medias de ceniza en las diferentes formulaciones del pan dulce

Como se muestra en la Figura 6 la harina de arroz presenta 0.93% porcentaje muy bajos de minerales, en estudios que se han hecho sustituyendo la harina de trigo por la de arroz según (Mellado Myriam, 2016) se muestra que estadísticamente son inferiores a los contenidos en minerales. En promedio, la quinua es una mejor fuente de minerales en relación con la mayoría de los granos maíz, arroz y trigo. En especial, la quinua es una buena fuente de hierro, magnesio y zinc si se compara con las recomendaciones relativas al consumo diario de minerales. La falta de hierro suele ser una de las deficiencias nutricionales más comunes. Sin embargo, la quinua, del mismo modo que todos los alimentos vegetales, contiene algunos componentes no nutritivos que pueden reducir el contenido y la absorción de sustancias minerales. Las más notables son sus saponinas, que se encuentran en la capa exterior de la semilla de la quinua y normalmente se extraen durante su procesamiento para eliminar el sabor amargo. La quinua también tiene un alto contenido en el compuesto de oxalato, que se puede unir a minerales como el calcio y el magnesio y reducir su absorción en el cuerpo (FAO, 2013).

Extracto etéreo (lípidos) (%EE)

En la Tabla 6 se muestran los porcentajes de lípidos en cada una de las formulaciones, la que contiene mayor porcentaje fue el pan testigo con un porcentaje de 18.953% a comparación de las otras, que la mayoría de ellas no tienen una diferencia significativa, esto es bueno ya que muchas personas buscan ingerir alimentos que no contengan muchos lípidos.

En un artículo, (El pan y sus variedades, s.f.) sugiere que los lípidos están presentes en cantidades muy bajas en el pan (1%), a excepción de ciertas variedades comerciales de pan de molde y tostado, en las que el contenido graso oscila entre 5 y el 15%.

Tabla 6. Porcentaje de las medias de lípidos en cada una de las formulaciones

<i>Formulaciones</i>	<i>Media</i>	
<i>A100%</i>	4.598	c
<i>A75% Q25%</i>	6.412	b
<i>Q100%</i>	7.235	b
<i>A50% Q50%</i>	7.431	b
<i>A25Q75</i>	8.327	b
<i>Test comercial</i>	18.953	a*

*Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher $p \leq (0.05)$

Según (Marta Elichalt y cols. 2017) en un trabajo que realizaron, el valor que obtuvieron de lípidos en un pan integral fue de 3.1%, con un valor mínimo de 0.71 g a 4.75 g en 100 g de pan. Como lo permite la normativa para pan integral, el mismo puede tener materia grasa. Si bien la cantidad de lípidos es baja, el origen de los mismos es diverso, y es deseable el empleo de aceites vegetales, en detrimento de grasa vacuna, o margarinas hidrogenadas (Marta Elichalt y cols. 2017). Mis valores fueron más altos pudiera ser por que la harina que se utilizó en este proyecto no es integral. El resultado más semejante al trabajo de investigación del pan integral fue el de 100% harina de arroz presentando 4.598% (Figura 7).

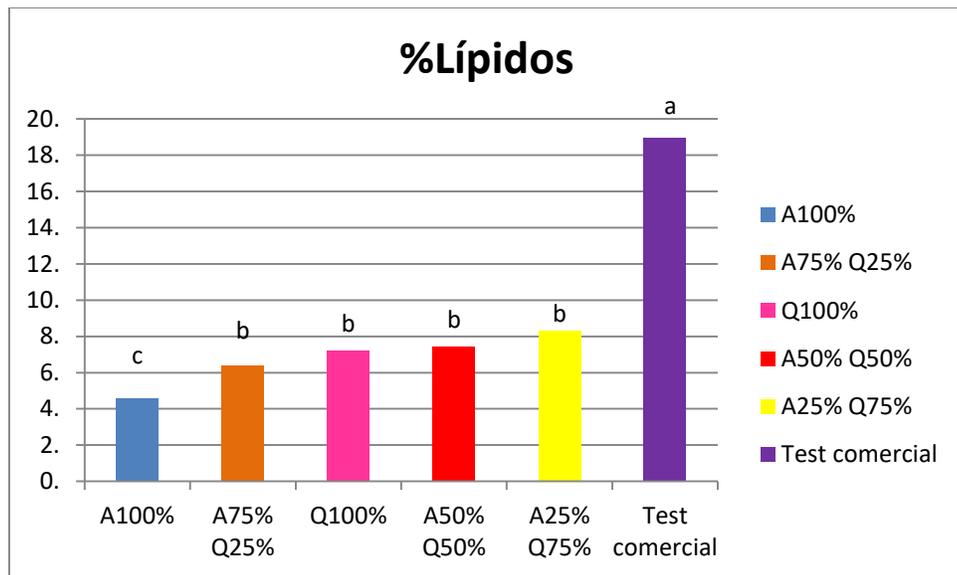


Figura 7. Porcentaje de las medias de lípidos en las diferentes formulaciones del pan dulce.

Fibra cruda (%FC)

En la Tabla 7 se muestra el porcentaje de las medias de fibra cruda en las diferentes formulaciones teniendo dos con el mayor porcentaje Quinoa al 100% y Arroz 25%Quinoa75% con una cantidad de 0.964% y 1.27% respectivamente, y las otras menores pero con valores muy semejantes entre sí.

Tabla 7. Porcentaje de las medias de fibra cruda en cada una de las formulaciones

<i>Formulaciones</i>	<i>Media</i>	
<i>Test comercial</i>	0.065	b
<i>A100%</i>	0.104	b
<i>A75% Q25%</i>	0.347	b
<i>A50% Q50%</i>	0.53	ab
<i>Q100%</i>	0.964	a
<i>A25% Q75%</i>	1.27	a*

*Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher $p \leq (0.05)$

En un estudio realizado por (Carrasco et al, 2011) donde utilizo cuatro variedades de quinua se mostró que la fibra cruda en la quinua sin cocción varía entre los 13.6 g y los 16.0 g por cada 100 g de peso en seco. La mayoría de la fibra cruda era insoluble, con un intervalo de 12.0 g a 14.4 g en comparación con el contenido comprendido entre 1.4 g y 1.6 g de la fibra cruda por cada 100 g de peso en seco. Mis valores fueron más bajos pudiera ser porque utilice harina de quinua, y ellos utilizaron la quinua sin cocción y de cuatro variedades distintas.

El valor de la fibra cruda es por lo general mayor al de la mayoría de granos e inferior al de las legumbres. La fibra dietética constituye la parte de los alimentos vegetales que no se puede digerir y es importante para facilitar la digestión y prevenir el atasco fecal del intestino (FAO, 2013).

En la Figura 8 muestra gráficamente los valores de cada una de las formulaciones, observando que las de un mayor porcentaje son de las que contienen mayor cantidad de harina de quinoa

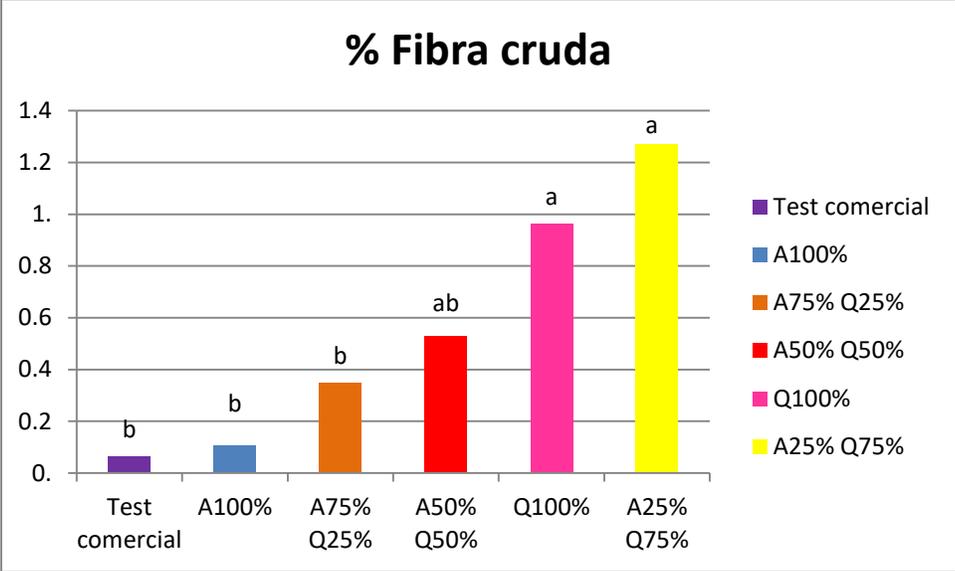


Figura 8. Porcentaje de las medias de fibra cruda en las diferentes formulaciones del pan dulce.

Carbohidratos totales (%ELN)

En la Tabla 8 se muestran los porcentajes de carbohidratos totales en el pan dulce siendo el más alto el de la formulación de harina de arroz al 100% con un porcentaje de 92.049%, comparando con los otros resultados estos son semejantes a los de las otras formulaciones y con la de Q100% teniendo un 6.11% de diferencia.

Tabla 8. Porcentaje de las medias de carbohidratos en cada una de las formulaciones

<i>Formulaciones</i>	<i>Media</i>	
<i>Test comercial</i>	76.759	e
<i>A25% Q75%</i>	85.313	d
<i>Q100%</i>	85.933	d
<i>A50% Q50%</i>	87.766	c
<i>A75% Q25%</i>	89.262	b
<i>A100%</i>	92.049	a*

*Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher $p \leq (0.05)$

De acuerdo a (Rev. Cubana Endocrinol 2015) los carbohidratos de la semilla de la quinua contienen entre 58 a 68 % de almidón; se encuentran localizados en el perisperma en gránulos pequeños (2 μm), y son más pequeños que los granos comunes. Son parcialmente cristalinos e insolubles en agua a temperatura ambiente; los tamaños y formas dependen de la fuente biológica, y es altamente digerible. Contiene carbohidratos con índice glucémico bajo, lo que resulta de utilidad en la recomendación de un plan alimentario para el paciente con diabetes *mellitus*.

En los resultados de la investigación (Figura 9) se muestra que en las formulaciones en donde presenta harina de quinoa es buena fuente de carbohidratos, ya que los carbohidratos que contiene la quinoa son una buena opción porque son digeribles y a su alto contenido esto podría favorecer altamente al producto porque además de las

otras propiedades que contiene como es, ser un pan libre de gluten podría ser una opción para las personas enfermas de diabetes.

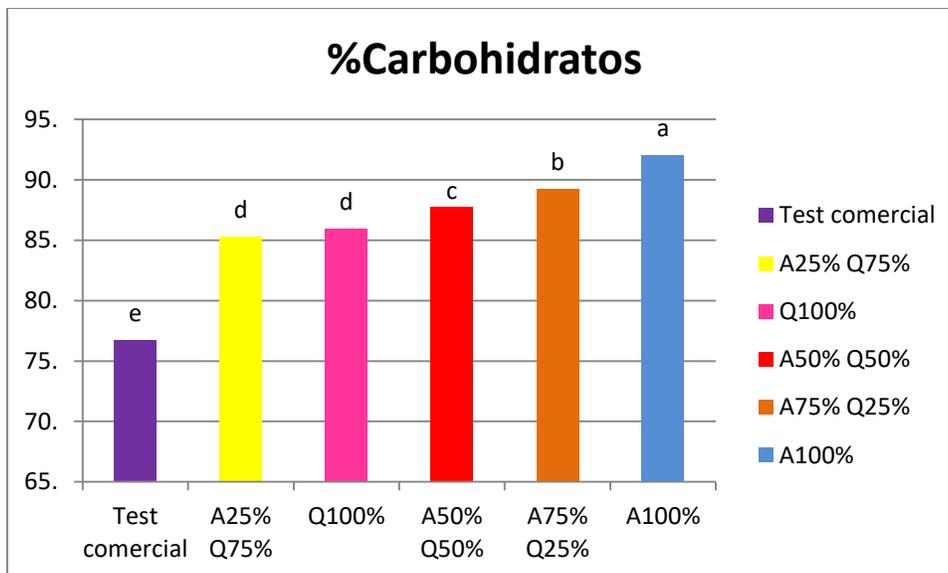


Figura 9. Porcentaje de las medias de Carbohidratos en las diferentes formulaciones del pan dulce.

Valor energético (kcal/100 g)

Tabla 9. En esta Tabla se muestran las medias del contenido energético de cada una de las formulaciones y en los resultados se tiene que en cada una de ellas no hay diferencia.

Tabla 9. Porcentaje de las medias de calorías en cada una de las formulaciones

Formulaciones	Media	
Test comercial	355.31	a
A100%	401.224	a
A75% Q25%	409.363	a
Q100%	410.591	a
A50% Q50%	414.487	a
A25% Q75%	416.483	a*

*Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher $p \leq (0.05)$

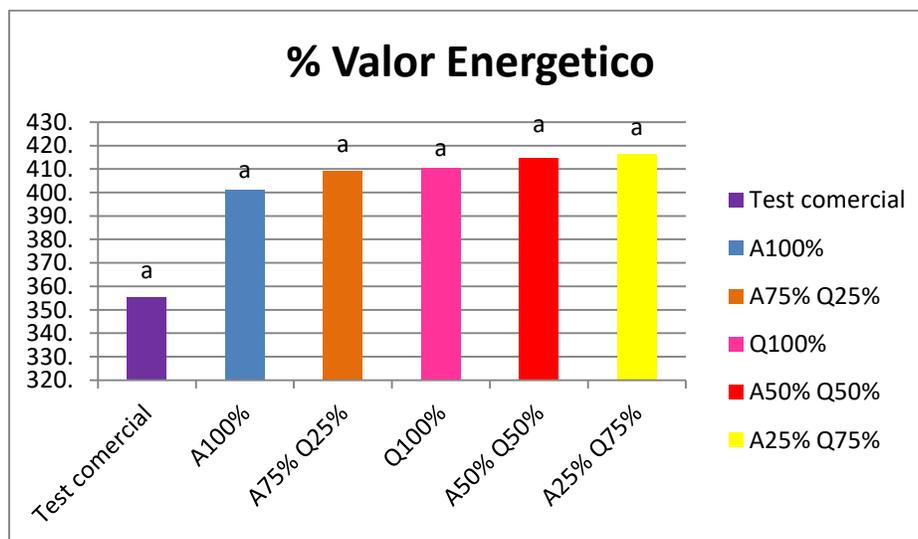


Figura 10. Porcentaje de las medias de valor energético en las diferentes formulaciones del pan dulce.

Polifenoles totales

En los Polifenoles la formulación que obtuvo más porcentaje fue la de Arroz 25% Quinoa 75% con un porcentaje de 59.27mg/100g mientras las demás no tienen una diferencia significativa por lo que podría decirse se consideran iguales.

En un estudio realizado (Carlos Alberto Padrón Pereira y Cols, 2015) los porcentajes de fenólicos totales en semillas de quinoa varió de 14.22 a 65.53 mg ácido gálico/100 g de materia seca, estos valores se hicieron en diferentes variedades de quinoa, es importante mencionar que no en harinas, si no en la planta.

Tabla 10. Cantidad en mg/100g de las medias de polifenoles presentes en cada una de las formulaciones

<i>Formulaciones</i>	<i>Media</i>	
<i>A75% Q25%</i>	19.567	b
<i>A100%</i>	29.493	b
<i>Q100%</i>	43.193	b
<i>A50% Q50%</i>	43.347	b
<i>Test comercial</i>	51.193	ab
<i>A25% Q75%</i>	59.27	a*

*Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher $p \leq (0.05)$

Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal. En los últimos años se ha demostrado que una dieta rica en polifenoles vegetales puede mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares. La capacidad de los polifenoles para modular la actividad de diferentes enzimas, y para interferir consecuentemente en mecanismos de señalización y en distintos procesos celulares, puede deberse, al menos en parte, a las características fisicoquímicas de estos compuestos, que les permiten participar en distintas reacciones metabólicas celulares de óxido-reducción.

Sus propiedades antioxidantes justifican muchos de sus efectos beneficiosos (M. Quiñones y col, 2011).

En la Figura 11 se muestra de manera gráfica los porcentajes de las medias de las formulaciones realizadas en el trabajo viendo que la más alta fue la A25%Q75%, con las mayores cantidades de polifenoles las que tienen mayor cantidad de harina de quinoa.

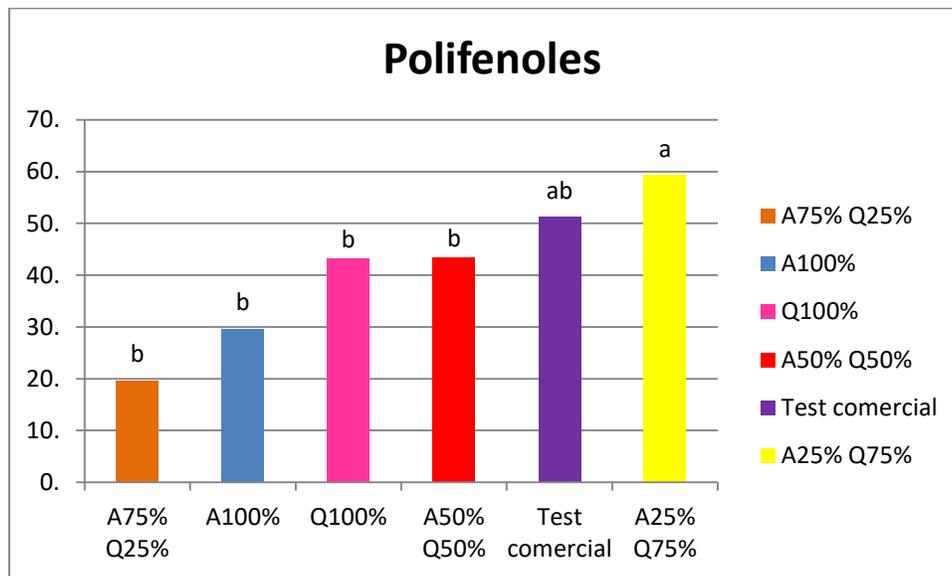


Figura 11. Cantidad en mg/100g de las medias de Polifenoles en las diferentes formulaciones del pan dulce

Flavonoides

En la siguiente Tabla se muestran los resultados de los porcentajes de flavonoides, y como se muestra en la siguiente tabla los valores de las formulaciones Quinoa 100%, Arroz 25% Quinoa 75%, Arroz 50% Quinoa 50% y Testigo no tienen una diferencia por lo que podrían considerarse con la misma cantidad de flavonoides.

Tabla 11. Cantidad en mg/100g de las medias de flavonoides presentes en cada una de las formulaciones

<i>Formulaciones</i>	<i>Media</i>	
<i>A75% Q25%</i>	292.357	b
<i>A100%</i>	391.58	ab
<i>Q100%</i>	407.633	a
<i>A25% Q75%</i>	430.553	a
<i>A50% Q50%</i>	439.577	a
<i>Test comercial</i>	487.667	a*

Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher $p \leq (0.05)$

Además de lo indicado, la quinoa provee de vitaminas naturales al humano, especialmente de A, C, D, ácido fólico, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina E, y a esto se suma el ser rica en polifenoles, fitosteroles y flavonoides, que actúan favorablemente en la reducción de los niveles de lípidos y glucosa del plasma. (José Hernández, 2015).

La mayoría de las formulaciones contienen harina de quinoa (Figura 12), y esta es una rica fuente en flavonoides.

(S. Martínez-Flórez, 2002) menciona que el valor medio de ingesta de flavonoides se estima como 23 mg/día, siendo la quercitina el predominante con un valor medio de 16 mg/día. En un principio, fueron consideradas sustancias sin acción beneficiosa para la salud humana, pero más tarde se demostraron múltiples efectos positivos debido a su acción antioxidante y eliminadora de radicales libres. Aunque diversos estudios indican que algunos flavonoides poseen acciones prooxidantes, éstas se producen

sólo a dosis altas, constatándose en la mayor parte de las investigaciones la existencia de efectos antiinflamatorios, antivirales o antialérgicos, y su papel protector frente a enfermedades cardiovasculares, cáncer y diversas patologías.

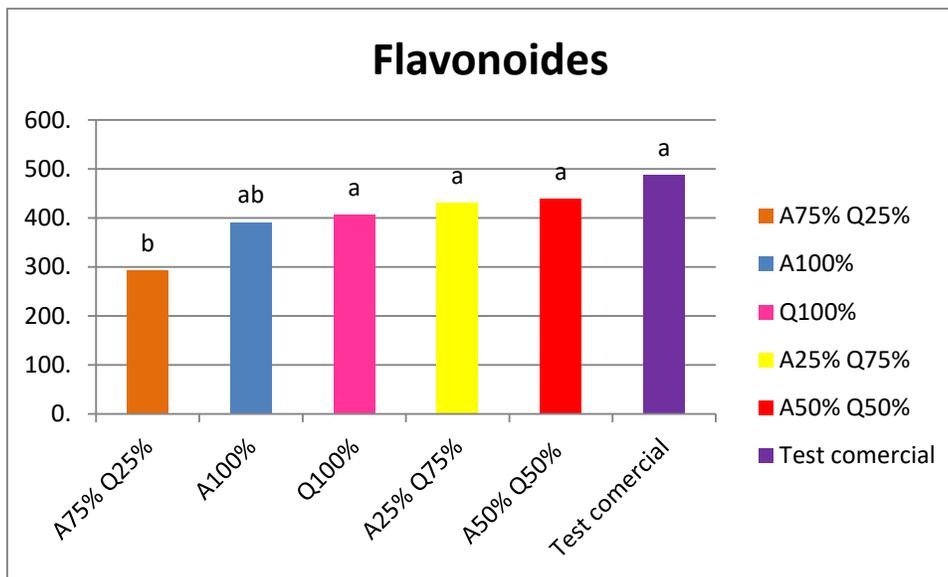


Figura 12. Cantidad en mg/100g de las medias de Flavonoides en las diferentes formulaciones del pan dulce.

Análisis físico

En esta sección se muestran los resultados promedios del análisis físico que se hicieron en el pan dulce, los consumidores además de buscar un pan con buen precio, buscan que tenga un buen sabor, textura, suavidad, apariencia, entre otros. Por lo que fue de suma importancia valorar las siguientes características

El producto final debe presentar un buen volumen es por eso que se trató de elegir el tiempo adecuado para la fermentación de la masa dejando fermentar por un tiempo de 45 minutos, así como también se tomó la medida de la altura de la masa y la altura del pan previamente cocido, el tiempo de fermentación tiene influencia sobre el aroma, pero también sobre el volumen. Tiempos de fermentación prolongados producen un agradable gusto y buen aroma, pero al mismo tiempo reducen la estabilidad de la masa. El pan debe presentar una miga suave y blanda.

Altura de la masa y del producto terminado

La altura de pan es importante para saber que tanto iba a esponjar y así como también saber qué cantidad de masa colocar en el molde para que el producto tuviera una buena presentación, es decir, se viera de un tamaño más grande que otros. Los resultados de esta característica se muestran en la Tabla 11 siendo el de mayor altura la formulación Arroz 25% Quinoa 75% con 4.17 centímetros.

En cuanto a la altura de la masa la más alta fue la de Arroz 75% Quinoa 25%, es importante mencionar que para la fermentación se dejó el mismo tiempo, pero unas formulaciones se esponjaron más que otras, estos resultados se muestran de manera gráfica en la Figura 13.

Pudiendo deberse a que la harina de trigo es quien tiene la mayor influencia en esta variable, debido a que ella posee las proteínas glutelinas y prolaminas, que forman la matriz viscoelástica capaz de retener el gas producido durante el proceso de fermentación, ofreciendo una estructura aireada de la miga y por tanto mayor desarrollo del pan (Marco y Molina, 2008).

Tabla 12. Medidas promedios de la altura de la masa y del pan dulce terminado.

Formulaciones	Altura masa (cm)	Altura del pan dulce (cm)
100% Arroz	2.1	3.77
100% Quinoa	2.17	3.93
50Q%50%A	2.33	3.97
75A%25Q%	2.47	3.83
25A%75Q%	2.37	4.17
Test comercial	NA	6.4

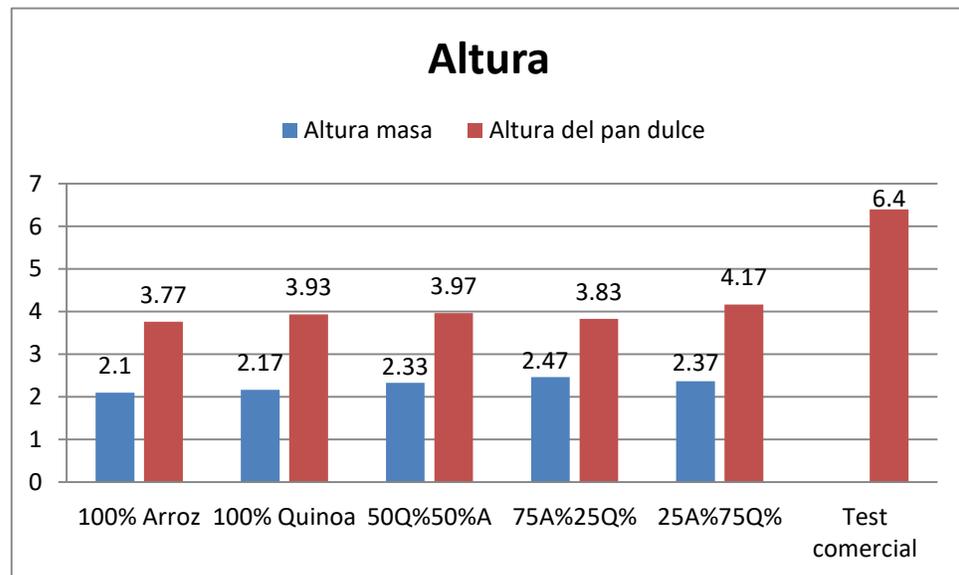


Figura 13. Promedio de altura de la masa y del pan dulce en las diferentes formulaciones.

Miga (#Alveolos)

La blandura o firmeza de la miga es el atributo de la textura que ha atraído más atención en la estimación de la calidad de la misma debido, quizás, por la estrecha asociación que tiene con la percepción sensorial de frescura (Mariela Hernández, 2012).

En la Tabla 13 se muestra el número promedio de alveolos presentes en cada pan dulce, todas las formulaciones tienen presentan similitud, y el de menor número de alveolos fue el testigo, esto beneficia al producto ayudando al pan a dar una suavidad, firmeza y blandura adecuada.

Tabla 13. Número de alveolos presentes en el pan dulce.

Formulaciones	Miga (#Alveolos)
100% Arroz	24.33
100% Quinoa	23.33
50Q%50%A	24.67
75A%25Q%	24.67
25A%75Q%	23.67
Test comercial	11.33

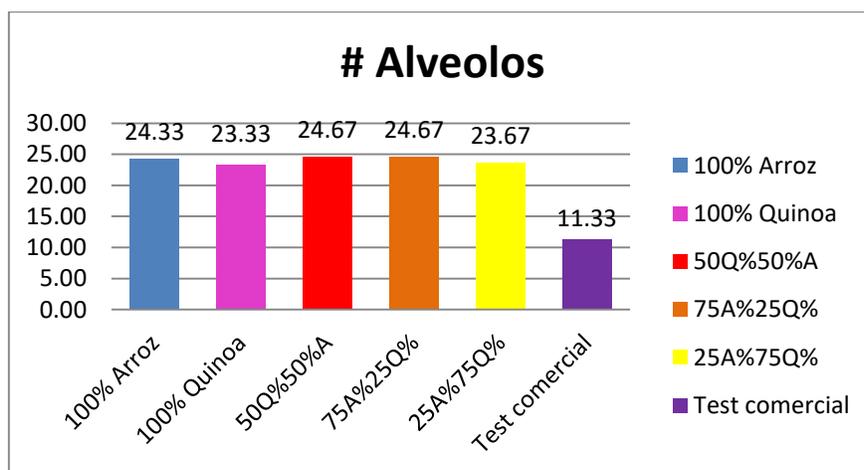


Figura 14. Muestras de pan mostrando el número de alveolos presentes en cada una de las formulaciones.

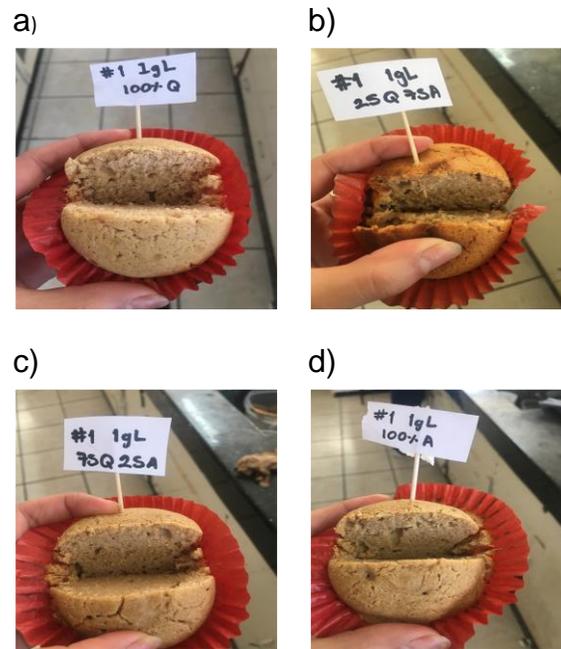


Figura 15. Número de alveolos presentes en cada formulación a) Q100%
b) Q25%A75% c) Q75%A25% d) A100%

Esponjosidad

Para determinar la esponjosidad el procedimiento que se realizó fue ejercer cierta fuerza arriba del pan dulce, medir la altura cuando este se le está aplicando, quitar la fuerza y al momento que se estabilizara la altura volver a medirse. Esta técnica nos permitiría saber si el pan regresaba a su misma altura, se deformaba, o sucedía cualquier otra cosa, entre otras. Los resultados se muestran gráficamente en la Figura 15.

En la Tabla 14 se muestran los resultados de esta prueba, se observa que cada uno de los panes de las diferentes formulaciones al ejercer la fuerza bajan a 3 centímetros, y al quitar dicha fuerza quedan con una altura más baja que como estaban recién salidos del horno. Pero con una diferencia muy significativa por lo que no se considera que esto afecte al producto ya que el pan no se deforma ni muestra una diferencia en su aspecto o sabor.

Tabla 14. Altura del pan dulce a agregar un peso determinado para determinar si la esponjosidad era buena o mala.

Formulaciones	Altura al ejercer la fuerza (cm)	Altura al quitar fuerza (cm)
100% Arroz	3	3.57
100% Quinoa	3	3.80
50Q%50%A	3	3.83
75A%25Q%	3	3.73
25A%75Q%	3	4.03
Testigo comercial	6	6.13

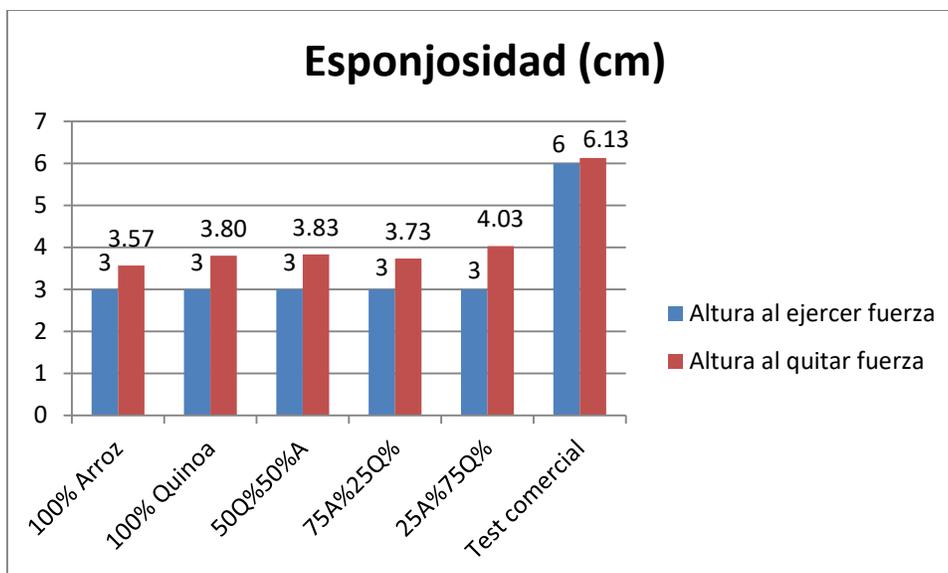


Figura 16. Medida de la esponjosidad del pan dulce.

Al comparar todos los resultados obtenidos en los análisis físicos y químicos del pan y tomando en cuenta los objetivos del proyecto de aumentar el valor nutricional del pan dulce con harinas sin gluten.

Tenemos que la mejor opción es el pan hecho con harina 100% Quinoa debido a que aumenta mayormente los contenidos de proteína, ceniza, fibra, menor contenido de grasa.

En cuanto a los demás atributos como flavonoides, polifenoles, todos tienen una cantidad igual por lo que se escogió tomando en cuenta las mayores cantidades de los otros atributos. Además de que el sabor de ese pan también es bueno.

Este pan dulce puede ser una buena opción para las personas que son intolerantes al gluten, y no solo para ellos, sino también para gente que decida consumir dicho producto ya que contiene una cantidad de nutrientes mayor que puede beneficiar su salud, sin dejar de comer algo por limitarse a su contenido.

5. CONCLUSIONES

Se logró elaborar un pan dulce a base de harina de quinoa y arroz aumentando su contenido nutricional, ya que en la mayoría de las formulaciones su valor nutricional fue mayor que en el testigo. La formulación que presentó mayor porcentaje en cuanto a las variables de proteína cruda, cenizas y fibra cruda fue la de Quinoa al 100% con valores de 3.6, 2.20, y 0.96 respectivamente.

Se desarrollaron las diferentes formulaciones para la elaboración del pan dulce, seleccionando la más adecuada en cuanto a las mejores características físicas y organolépticamente tomando en cuenta el sabor siendo la formulación 100% Quinoa.

Se determinaron los parámetros de altura, esponjosidad y miga más adecuados en las diferentes formulaciones, para destacar que fue la formulación Q75A25.

Se determinó la caracterización química de cada una de las formulaciones, siendo la formulación Q100% la que presentó mejores cualidades también en miga, esponjosidad y altura.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alvis, Armando; Pérez, Luis; Arrazola, Guillermo. Elaboración de Panes con Agregado de Harina de Arroz Integral y Modelación de sus Atributos Sensoriales a Través de la Metodología de Superficie de Respuesta. *Inf. tecnol., La Serena*, v. 22, n.5, p.29-38, 2011. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642011000500005&lng=es&nrm=iso>. Accedido en 28 nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000500005>.

Ayala Félix, Fernando Javier (2013). Desarrollo de estrategias de posicionamiento. Caso: Producto Quinoa. <i>PERSPECTIVAS</i>, (32), undefined-undefined. [Fecha de Consulta 27 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1994-3733. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4259/425941262002

Cerezal Mezquita, P., Urtuvia Gatica, V., Ramírez Quintanilla, V., & Arcos Zavala, R.. (2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas. *Nutrición Hospitalaria*, 26(1), 161-169. Recuperado en 28 de noviembre de 2019, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000100019&lng=es&tlng=es

Elichalt, Marta, Russo, Mónica, Vázquez, Daniel, Suburú, Gabriela, Tihista, Hugo, & Godiño, Marcela. (2017). Lípidos, sodio y fibra dietética en harina de trigo y pan artesanal en Uruguay: aporte nutricional según recomendaciones para distintos grupos de población. *Revista chilena de nutrición*, 44(1), 71-78. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182017000100010>

FAO. (2013). Año internacional de la quinoa, Valor Nutricional. Noviembre, 27, 2019, de FAO Sitio web: http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1

Hernández Ordoñez, Mariela, & Duran Osorio, Daniel (2012). Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander). <i>Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas</i>, 10(2), undefined-undefined. [fecha de Consulta 19 de Noviembre de 2019]. ISSN: 0120-4211. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4259/425941262002

xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" target="_blank" href="https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=903/90326388001">https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=903/90326388001

Hernández Rodríguez, José. (2015). La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 26(3) Recuperado en 27 de noviembre de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532015000300010&lng=es&tlng=es.

J. M. Mesas & M. T. Alegre (2002) El pan y su proceso de elaboración the bread and its processing o pan e o seu proceso de elaboração, *cyta - Journal of Food*, 3:5, 307-313, DOI: 10.1080/11358120209487744To [fecha de Consulta 27 de noviembre de 2019] link to this article: <https://doi.org/10.1080/11358120209487744>.

Mellado, Myriam de las Mercedes Salas; HAROS, Monika. Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harina integral de arroz. *Braz. J. Food Technol.*, Campinas, v. 19, e2016002, 2016 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232016000100417&lng=en&nrm=iso>. access on 30 Nov. 2019. Epub Sep 01, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.0216>.

Miranda Villa, Patricia Paola, Mufari, Jesica Romina, Bergesse, Antonella Estefanía, Planchuelo, Ana María, Calandri, Edgardo Luis, 2018, Calidad nutricional y propiedades físicas de panes libres de gluten, <https://revista.nutricion.org/PDF/MIRANDA.pdf>.

Morales, Christian., Nieto, Andrea., Quiroga, Laura., Quicazan, Marta., Validación del método y determinación de fibra dietética soluble e insoluble en harina de trigo y pan. <i xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">Vitae</i> [en línea]. 2012, 19(1), S340-S342 [fecha de Consulta 18 de Noviembre de 2019]. ISSN: 0121-4004. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914106.

Muñoz Jáuregui, Ana María (2013). Editorial "Año Internacional de la Quinua". <i xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">Revista de la Sociedad Química del

Perú, 79</i>(1), undefined-undefined. [Fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1810-634X. Disponible en:

Olarte-Calsina, Saúl, & Olarte-Daza, C. Uberto, & Schultz, Glauco (2016). La quinua en el contexto de la estandarización. <i xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">Agroalimentaria, 22</i>(43), undefined-undefined. [Fecha de Consulta 28 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1316-0354. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1992/199251019006

Padrón Pereira Carlos Alberto, Oropeza González Rafael Antonio, Montes Hernández Adrianals Abel. (2015, Marzo 21). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2, pp. 166-218. 27 de Noviembre de 2019, De <http://oaji.net/articles/2017/4924-1495548216.pdf> Base de datos.

Sánchez, H. D., & González, R. J., & Osella, C. A., & Torres, R. L., & Torre, M. A.G. de la (2008). Elaboración de pan sin gluten con harinas de arroz extrudidas. <i xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">Ciencia y Tecnología Alimentaria, 6</i>(2), undefined-undefined. [Fecha de Consulta 28 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1135-8122. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=724/72411971004

S. Martínez-Flórez, J. González-Gallego, J. M. Culebras* y M. ^a J. Tuñón, 2002, Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes Fecha de consulta 27 de Noviembre de 2019 <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

Vásquez, Francisco, & Verdú, Samuel, & Islas, Alma R., & Barat, José M., & Grau, Raúl (2016). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinua (*chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan. <i xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 17</i> (2), undefined-undefined. [Fecha de Consulta 27 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1665-0204. Disponible

en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=813/81349041018

Zamora S, Juan Diego. Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. Rev. chil. nutr., Santiago, v. 34, n. 1, p. 17-26, marzo 2007. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000100002&lng=es&nrm=iso>. Accedido en 28 nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100002>.

Sitios web

- http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1
- https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6678/El_pan_y_sus_variedades.pdf
- http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532015000300010
- http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n1/09_revision_08.pdf
- <http://www.uco.es/dptos/bromatologia/tecnologia/bib-virtual/bajada/mempan.pdf>
- <https://www.aimdigital.com.ar/harina-de-arroz-conoces-sus-propiedades/>
- [El pan y sus variedades]. (s.f.). Recuperado de: https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6678/El_pan_y_sus_variedades.pdf