

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COCCIÓN Y CALIDAD SENSORIAL DE PASTA
ELABORADA A PARTIR DE MEZCLAS DE SÉMOLA DE TRIGO Y HARINA DE
QUINUA.**

AMANDA CAROLINA MORA GUZMÁN Código 200919251

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
SEDE MEDELLÍN
2012**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COCCIÓN Y CALIDAD SENSORIAL DE PASTA
ELABORADA A PARTIR DE MEZCLAS DE SÉMOLA DE TRIGO Y HARINA DE
QUINUA.**

AMANDA CAROLINA MORA GUZMÁN Código 200919251

**Trabajo de Tesis para optar al título de:
Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

**DIRECTOR
MARÍA SOLEDAD HERNÁNDEZ
Bióloga, M.Sc., Ph.D.**

**CODIRECTOR
RAFAEL GUTIÉRREZ
Biólogo, M. Sc. Ph.D. (c)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
SEDE MEDELLÍN
2012**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado_____

Jurado_____

Jurado_____

Bogotá, D.C. Abril de 2012

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, mi gran tesoro, mi gran fortaleza y mi luz en el camino. A mis padres por todo su amor, apoyo, paciencia y colaboración. A toda mi familia y amigos. A todos los que me acompañaron en esta etapa tan importante y formadora de mi vida. A todos los que llevan un pedacito de cielo en sus ojos y Dios que me regala todos los días.

AGRADECIMIENTOS

Expreso todo mi agradecimiento a la profesora María Soledad Hernández y al profesor Rafael Gutiérrez, por su orientación académica y su ayuda técnica, financiera y logística.

A los profesores Consuelo Díaz, Martha Quicazán, Aníbal Herrera, Néstor Algecira, Carlos Novoa, Héctor Suárez y Carlos Julio Márquez.

A la profesora Mary Lares Amayz por su valiosa colaboración en los estudios de evaluación nutricional.

A la Dra. Sara Brito por su apoyo en permitir el uso de las instalaciones y equipos del Instituto de Endocrinología del Hospital Militar “Carlos Arvelo” de Caracas, Venezuela.

A la profesora Luz Patricia Restrepo por su importante colaboración en la realización del análisis sensorial, la coordinación del panel y por permitir el uso de las instalaciones del Laboratorio de Análisis Sensorial del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Al profesor Orlando Martínez por su invaluable orientación en el análisis estadístico.

A todo el personal del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

A Raquel Oriana Díaz y a Salomón López. Al Sr. Jorge Rodríguez y al Ing. Becerra.

Al personal de Enzipan Laboratorios Ltda., especialmente al Sr. Omar Rodríguez.

Al personal del Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

A la TSU Bernadette Da Fonte por su valiosa colaboración.

Al personal de Laboratorio de Nuevas Tecnologías, del Instituto de Ciencia y Tecnología. Facultad de Ciencias. UCV. Caracas. Venezuela.

Al personal de enfermeras y técnicos de laboratorio del Instituto de Endocrinología del Hospital Militar “Carlos Arvelo” de Caracas. Venezuela.

A Liliana María Gómez por su invaluable colaboración y paciencia.

A mis compañeros Luisa Juana Bernal, Iván Camilo Sánchez y Carlos Mario Zuluaga.

A mis padres, familia y amigos.

A todos aquellos que contribuyeron al desarrollo y culminación de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
1. JUSTIFICACIÓN	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. MARCO REFERENCIAL	16
3.1 LA PASTA	16
3.1.1 Orígenes de la pasta	16
3.1.2 Clasificación	17
3.1.3 Materias Primas	18
3.1.3.1 El trigo	18
3.1.3.2 El trigo durum	19
3.1.3.3 Sémola de trigo durum	20
3.1.3.4 Agentes estructurantes	22
3.1.4 Elaboración de la pasta	24
3.1.4.1 Amasado	25
3.1.4.2 Extrusión	25

3.1.4.3 Secado	25
3.1.4.4 Cocción	26
3.1.5 Calidad de las Pastas	27
3.1.6 Valor nutricional de la pasta	28
3.1.7 Producción y consumo de pasta en el mundo	30
3.1.8 Pastas compuestas	31
3.2 LA QUINUA	33
3.2.1 Valor Nutritivo	36
3.2.1.1 Carbohidratos	37
3.2.1.2 Cenizas	37
3.2.1.3 Fibra	37
3.2.1.4 Proteína	38
3.2.1.5 Lípidos	39
3.2.1.6 Vitaminas	40
3.2.2 Saponinas	40
3.2.3 Usos de la quinua	41
3.2.4 Cosecha	42
3.2.5 Molienda	43
3.2.6 La quinua en Colombia	43
3.3 EFECTO SOBRE MARCADORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR	45
4. METODOLOGÍA	47
4.1 LOCALIZACIÓN	47
4.2 METODOLOGÍA	47

4.2.1 Materias primas	47
4.2.1.1 Sémola de trigo	47
4.2.1.2 Harina de quinua	47
4.2.1.3 Aditivos	48
4.2.2 Equipos	48
4.2.3 Pre-experimentación	48
4.2.4 Elaboración de las pastas	50
4.2.5 Distribución del ensayo	53
4.2.6 Composición bromatológica	53
4.2.7 Calidad microbiológica	53
4.2.8 Evaluación de la calidad en la cocción	54
4.2.8.1 Ganancia de peso	54
4.2.8.2 Tiempo óptimo de cocción	54
4.2.8.3 Liberación de almidón	55
4.2.9 Evaluación de la calidad de la pasta cruda	55
4.2.9.1 Color	55
4.2.9.2 Dureza/Fracturabilidad	55
4.2.10 Evaluación de la calidad de la pasta cocida	55
4.2.10.1 Propiedades mecánicas	56
4.2.10.2 Calidad sensorial	57
4.2.11 Evaluación nutricional	57
4.2.11.1 Evaluación antropométrica	58
4.2.11.2 Valoración dietética	58
4.2.11.3 Valoración bioquímica	58

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
5.1 COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA	60
5.2 CALIDAD MICROBIOLÓGICA	62
5.3 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PASTA CRUDA	63
5.3.1 Color	63
5.3.2 Dureza/Fracturabilidad	65
5.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN LA COCCIÓN	68
5.4.1 Ganancia de Peso	68
5.4.2 Tiempo óptimo de cocción	69
5.4.3 Pérdidas por cocción/liberación de almidón	69
5.5 CALIDAD DE LA PASTA COCIDA	70
5.5.1 Propiedades mecánicas	70
5.5.2 Calidad sensorial	73
5.6 EVALUACIÓN NUTRICIONAL	75
6. CONCLUSIONES	78
7. RECOMENDACIONES	79
8. BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	

RESUMEN

La pasta es un alimento de consumo masivo que posee varias ventajas: larga vida útil, aporta energía en la dieta y amplia aceptación por parte del consumidor. La quinua (*Chenopodium quinoa willd*) es un pseudo-cereal cuyo aprovechamiento se promueve por su buena calidad nutricional, por el potencial de producción y el fácil desarrollo del cultivo bajo diferentes condiciones ambientales con tecnologías sencillas. La pasta sustituida parcialmente con quinua puede representar beneficios sobre la salud y la nutrición de los consumidores, ya que éstas tendrían una mejor calidad nutricional comparada con la pasta comercial de 100% sémola de trigo. El presente estudio incluye el desarrollo tecnológico de productos con dos niveles de sustitución del 10% y 30%, con dos harinas de quinua correspondientes a las variedades *Aurora* y *Blanca Jericó*, cultivadas en Colombia, así como el análisis de la adición de dos agentes estructurantes: Carboximetil Celulosa (2%) y almidón de maíz pregelatinizado (9%). Las variables de respuesta en las pastas elaboradas fueron calidad de la pasta cruda (color, valor nutricional proximal, dureza/fracturabilidad y calidad microbiológica), calidad en la cocción (tiempo óptimo de cocción y degradación por liberación de almidón) y calidad de la pasta cocida (evaluación sensorial, propiedades mecánicas y biológicas). Los resultados mostraron que las pastas cumplen con los estándares tecnológicos exigidos en la legislación nacional y que son comparables con pastas comerciales de 100% sémola de trigo, ofreciendo una buena calidad nutricional y una buena calidad microbiológica. No se pudieron establecer diferencias en la calidad de las pastas elaboradas entre las dos variedades de quinua utilizadas, sin embargo, ciertas características mecánicas alcanzadas en las pastas elaboradas con quinua Blanca Jericó y carboximetil celulosa como agente estructurante, hacen considerar que estas variedades dulces cultivadas en Colombia resultan altamente promisorias. Definitivamente la calidad en la cocción y propiedades mecánicas son inferiores a las de pastas no sustituidas, con mayor liberación de almidón durante la cocción, pero con tiempos de cocción óptimos menores, sin embargo se mantienen en un nivel aceptable para su preparación. Aunque los indicadores bioquímicos evaluados en los pacientes no aumentaron ni descendieron, este estudio exploratorio indica que estas pastas sustituidas con quinua pueden ser utilizadas en dietas especiales, como en el caso de pacientes diabéticos.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* Willd., propiedades físicas, seguridad alimentaria, almidón, carboximetil celulosa, regímenes especiales.

ABSTRACT

Pasta is a staple food with some quality advantages like long shelf life, nutritional value at energy intake in diet and wide acceptance in market. Quinoa is a pseudo-cereal that resurged from ancestral customs, due to its good nutritional quality and its potential given by an easy development of the crop under different environmental conditions with simple technologies. Pasta replaced with quinoa can represent benefits on consumer health and nutrition, as it will have a better nutritional quality compared to the market pasta from 100% wheat semolina. This research includes study of technological products with two levels of replacement of 10% and 30 %, analyzing the substitution with two varieties Aurora and Blanca Jericó, cultivated in Colombia, as well as the analysis of addition of two substitutes gluten as Carboximetil Cellulose (2%) and pregelatinized corn starch (9%). The quality of prepared pasta was assessed on uncooked pasta (colour, nutritional value proximal, hardness/fracturability and microbiological quality), on cooking (optimum time of cooking and degradation by release of starch) and on cooked pasta (sensory evaluation, mechanical and biological properties). Results showed that pasta had technological standards required in the national legislation and are comparable with commercial pasta 100% wheat semolina, offering a nutritional quality improved product and a good microbiological quality. Differences were unclear among treatments, although pastas prepared with quinoa Blanca Jericó and carboxymethyl cellulose as gluten substitute exhibited better mechanical properties. Even though quality of cooking and mechanical properties are lower in pastas with quinoa flour compared to pastas with wheat semolina, pastas with quinoa flour exhibited promissory characteristics for special diets.

Key Words: *Chenopodium quinoa* Willd., physical properties, food safety, starch, carboxymethylcellulose, special regimes.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos productos tomando como base la sustitución de sémola de trigo por otros pseudo-cereales que ayuden a incrementar su valor nutricional, o mejorar su digestibilidad buscando atender sectores de la población con intolerancias alimentarias como intolerancia al gluten, se ha reportado con avances significativos en el desarrollo y evaluación de pastas elaboradas a partir de mezclas de sémola de trigo con amaranto, garbanzo, habas, frijol, maíz, arroz y quinua, entre otros, realizadas en la India, Italia, Argentina, Chile, Venezuela y Colombia, entre otros, en los que se han evaluado los parámetros de calidad tradicionales para las pastas como el tiempo de cocción o la pérdida de sólidos y la aceptación del consumidor mediante análisis sensoriales. En Colombia se han logrado avances en la investigación de la utilización de harina de quinua para elaborar productos de panificación, galletería y pastelería. Sin embargo, se hace necesario continuar con la investigación en la obtención de productos innovadores que contribuyan a la oferta de alimentos con una mayor calidad nutricional, que favorezcan la reducción de la deficiencia de macronutrientes y algunos micronutrientes en la dieta y que permitan el aprovechamiento integral de los productos de la quinua.

El estudio se enmarcó en el proyecto “Estrategias para el Mejoramiento de las Alternativas de Transformación Agroindustrial de la Quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*)”, contrato COLCIENCIAS – CCI, e incluyó la formulación y desarrollo del producto, con dos porcentajes de sustitución con harina de quinua de dos variedades (Aurora y Blanca Jericó) y con la adición de dos agentes estructurantes (Carboximetil celulosa y almidón de maíz pregelatinizado). Así mismo, incluyó la evaluación del producto elaborado antes, durante y después de la cocción, con variables de respuesta tales como el color, las propiedades mecánicas, el tiempo óptimo de cocción, la liberación de almidón o degradación por cocción, la calidad sensorial y microbiológica, las características bromatológicas y la respuesta bioquímica a nivel clínico de pacientes previamente seleccionados, con la medición de los parámetros de colesterol, triglicéridos, lipoproteína de alta densidad (HDL), lipoproteína de baja densidad, glicemia, creatinina, ácido úrico e insulina.

1. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con los informes de la Organización de las Naciones Unidas y la FAO (Comité de Seguridad Alimentaria Mundial), la seguridad alimentaria se ha visto afectada por muchos factores entre los cuales se cuentan la creciente demanda de productos agrícolas básicos para la producción de biocombustibles y sustitutos de los combustibles fósiles, el aumento de la población mundial que padece de hambre, el incremento de los precios de los alimentos por la escasez de las áreas para ganadería y agricultura alimentaria, las malas condiciones meteorológicas, el aumento del precio del petróleo, y el aprovisionamiento y especulación por parte de comercializadores. Esta situación ha contribuido a la desnutrición, malnutrición y subalimentación de las poblaciones más vulnerables, y en consecuencia, a deficiencias en el desarrollo integral del ser humano. Los primeros productos afectados por esta situación han sido los cereales, principal fuente de carbohidratos, nutrientes que proporcionan la mayor cantidad de energía en la dieta, pero que también se constituyen como materia prima para los procesos de fermentación por medio de los cuales se obtienen los combustibles alternativos como el etanol (CFS, 2008).

Por otra parte, el desarrollo y constante evolución de las tecnologías de información y comunicación, asociados a la situación socioeconómica, ha conllevado un cambio en el ritmo de vida de la población en general, que se ha reflejado en la modificación de la dieta, el aumento del consumo de comidas procesadas y la vida sedentaria, lo que ha generado un incremento en el riesgo de adquirir enfermedades como la obesidad y las enfermedades relacionadas con esta, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, como la aterosclerosis, entre otras enfermedades (OMS, 2004).

En Colombia, los resultados de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN) de 2010, han mostrado que la disponibilidad de los productos básicos de la canasta familiar es limitada especialmente para las poblaciones vulnerables, indicando la alta prevalencia de la inseguridad alimentaria en los hogares colombianos como consecuencia de la crisis alimentaria y económica. Aunque se muestra un avance en la reducción de la desnutrición global, los índices de desnutrición crónica se mantienen en los mismos niveles. También se registra que en la dieta promedio prevalece el consumo de alimentos ricos en carbohidratos y que hay una deficiencia en la ingesta de proteínas (36%), aspecto que se relaciona con los costos asociados a este tipo de alimentos, el encarecimiento por la baja oferta, el bajo nivel educativo de la población y la accesibilidad limitada por las condiciones socioeconómicas actuales (ICBF, 2010). Así mismo, de acuerdo con la evaluación del Plan Nacional de Alimentación y Nutrición (PSAN), la situación socioeconómica y política del país ha generado un creciente desplazamiento de las poblaciones rurales por la violencia, abandono del campo, crisis económica, desempleo, entre otros, lo que ha llevado al incremento de la inseguridad alimentaria en la población afectada por estos problemas (DNP, 2008).

El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ha implementado iniciativas como programas de suministro de dietas balanceadas a la población infantil y a otros sectores poblacionales vulnerables que han crecido en los últimos años alrededor de los cascos urbanos debido a diferentes problemas que afectan al país. Además se han puesto en marcha programas de fortificación de productos de alto consumo (Ej. harina de trigo) con

micronutrientes como hierro, calcio o algunas vitaminas, y la distribución de complementos alimenticios basados en harinas de cereales como el trigo y la soya, con un nivel mayor de proteínas. En el mercado común la oferta de alimentos de alto valor nutricional o proteico, o para regímenes especiales, es limitada (DNP, 2008).

La quinua es un alimento promisorio que ofrece un alto valor nutricional con un valioso contenido de aminoácidos esenciales, además de otros nutrientes importantes para la salud humana, con la ventaja de provenir de un cultivo con alta capacidad de adaptación a condiciones agrícolas y climáticas adversas con altos rendimientos (Mujica et al., 2001). Se cultiva actualmente en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Cauca y Nariño. La mayoría de los cultivos se concentran en cabildos indígenas donde se aprovecha para el autoconsumo. Los cultivos están establecidos en pequeñas áreas y no hay un trabajo coordinado entre productores, transformadores y comercializadores, ni tampoco se ha valorado en toda su dimensión la riqueza nutricional de este alimento ni las formas de aprovechamiento utilizadas desde tiempos ancestrales. Esta situación ha dificultado el desarrollo y la consolidación de las cadenas productiva de la quinua en Colombia. El mercado de la quinua en Colombia se encuentra poco desarrollado limitándose la comercialización de los productos a tiendas naturistas y tiendas virtuales, y su consumo en restaurantes vegetarianos (Montoya et al., 2005). Países de la Zona Andina como Ecuador reportan exportaciones del grano a E.E.U.U. y Europa. La comercialización se hace principalmente en forma de grano perlado, hojuelas y harina en tiendas naturistas y en algunos almacenes de cadena (Montoya et al., 2005).

En un país tropical como Colombia, la variedad de pisos térmicos y las precipitaciones se muestran como condiciones adecuadas para la promoción del cultivo de la planta de quinua, que se da tanto en suelos ácidos como alcalinos, en pisos térmicos altos, con lo que puede ser una actividad interesante para incorporar en programas de desarrollo rural. Actualmente los productores de quinua buscan mejorar el procesamiento y aumentar el aprovechamiento con mayor valor agregado. La producción se debe estimular al igual que el consumo apuntando a la conquista de mercados nacionales e internacionales, lo que llevaría a la consolidación de la cadena (Montoya et al., 2005).

Se pretende que se continúe la investigación en la estandarización y optimización de las condiciones de proceso, el escalamiento de estos procesos a nivel industrial y el encadenamiento con la función y los beneficios del consumo de la quinua desde el punto de vista nutricional y de salud.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de cocción y la calidad sensorial de pastas elaboradas a partir de sémola de trigo y harinas de quinua.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Proponer formulaciones de pastas a partir de dos (2) proporciones de mezclas de sémola de trigo y harinas de las variedades Blanca de Jericó y Aurora de quinua.

Determinar el efecto de la adición de dos (2) agentes estructurantes (Carboximetil Celulosa (CMC) y Almidón de maíz pregelatinizado (AMP)) en la calidad final de cocción y aceptación de las pastas con sustitución de quinua.

Evaluar la calidad de cocción y calidad sensorial de las muestras de pasta mediante la determinación del tiempo de cocción y la degradación por pérdida de sólidos.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 LA PASTA

Las pastas alimenticias son productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada elaborada con sémolas o harinas procedentes de trigo durum, trigo semiduro o trigo blando o sus mezclas y agua potable (Gil, 2010). La harina de papa o la harina de maíz (producto de la molienda seca del grano de maíz) son ingredientes alternativos que se usan en la elaboración de gnocchi, o en los productos libres de gluten, respectivamente. El huevo, la espinaca o el tomate, y las vitaminas pueden ser ingredientes adicionales. La pasta es un alimento simple, sobre todo cuando se elabora en la cocina o en el restaurante y se sirve después de la cocción, con un corto tiempo de preparación. El arte de la pasta comprende desde las sofisticadas técnicas industriales hasta su elaboración en la cocina. El resultado de la sofisticación es un producto simple con pocos ingredientes, como el que se elabora artesanalmente, pero las técnicas se aplican para producir un amplio rango de formas y tamaños, además de mejorar la estabilidad con un producto seco que tiene una larga vida útil (Kill et al., 2001).

3.1.1 Orígenes de la pasta. Los orígenes de la pasta siguen siendo objeto de especulación. Existe un vacío histórico en los registros europeos de las preparaciones con base en cereales que ha dado lugar a la difusión de leyendas pero que también ha conducido al desarrollo de hipótesis más serias por parte de algunos investigadores. Se presume que si los griegos y los romanos no registran familiaridad alguna con la pasta, esta debe haber surgido en alguna otra civilización. Según Marco Polo, proviene de China (Serventi y Sabban, 2000); otros historiadores, ubican su origen en el Medio Oriente, donde lo árabes pudieron haberla inventado buscando alimentos que se conservaran y mantuvieran en buen estado durante las jornadas nómadas. Un producto similar a la lasaña fue conocido por los antiguos Romanos y Etruscos (Agnesi, 1996).

La primera información concreta acerca de la pasta en Italia data de los siglos XIII y XIV, de cuando se dice que ya hacía parte de la dieta de los habitantes del Mediterráneo. Aunque es difícil atribuirle a los chinos o a los árabes la invención de la pasta, se cree que pudieron contribuir al desarrollo de ciertos productos de pasta. Según algunos autores y fabricantes de pasta, la pasta tal como se conoce hoy en día nació en Italia. Los etruscos, verdaderos gastrónomos desde los tiempos antiguos, debieron consumir cierto tipo de pasta, de acuerdo con lo que sugieren los utensilios encontrados en sus tumbas. En la literatura clásica se encuentran varias referencias: Varrone en el siglo I a. C., habla de un alimento que puede ser el antecesor del gnocchi; Apicio, en el mismo siglo, describe lo que hoy se conoce como lasaña. En estos escritos no se menciona nada similar al espagueti o al macarrón (Agnesi, 1996).

Otros autores señalan que el geógrafo árabe Al-Idris, en su libro "Para aquellos que tienen la pasión de viajar alrededor del mundo", reportó que en Trabia, una ciudad localizada a 30 km de Palermo, Sicilia, se elaboraba un alimento a partir de sémola moldeado en filamentos que se exportaba a muchas ciudades, musulmanas y cristianas, gracias a su

larga vida útil. Se puede decir entonces que es en Sicilia, donde se encuentran los primeros datos de la producción industrial de pasta seca (Agnesi, 1996).

Varios historiadores coinciden en que la pasta fue mencionada por primera vez oficialmente en un documento medieval italiano, al parecer una prescripción médica del año 1244 que aparentemente menciona la producción de pasta seca en Liguria. Después de este dato se conoce que en los siglos XVI y XVII la pasta empezó a ser producida en mayores escalas gracias al crecimiento de la población en ciudades como Génova, Savona, Nápoles, Palermo y Roma, donde ya se conocían los fideos, macarrones y vermicellis. Por esta época los fabricantes de pasta en Italia ya se habían organizado en asociaciones, donde se habían establecido reglas para el comercio y preparaciones, entre ellas, que una pasta de buena calidad sólo se podía elaborar a partir de trigo duro (Agnesi, 1996).

Hacia el siglo XIX, la elaboración de pasta se convirtió en una especialidad napolitana. A pesar de sus orígenes sicilianos, fue en Nápoles donde la producción se industrializó y se desarrolló su comercialización (Portesi, 1957; Serventi y Sabban, 2000). Así, surge el secado como una forma de preservación de la pasta. Es probable que en este mismo siglo se haya dado la combinación de la pasta con el tomate en la preparación, ya que el sur de Italia es una región propicia para el cultivo de tomates (Agnesi, 1996).

La producción de pasta seca se concentró en el sur de Italia y las costas de Liguria, gracias a que el microclima favorece el secado del producto. Paralelamente se evidenció el desarrollo de pequeñas empresas que satisfacían la demanda local de pasta fresca. Estos artesanos se concentraron en las regiones del centro y norte de Italia, donde era difícil conseguir la sémola de trigo duro y se fabricaba con sémola de trigo común, por lo cual la mayoría de la pasta fresca tenía adición de huevo. El surgimiento de fábricas se dio a principios del siglo XX con los primeros motores eléctricos (Portesi, 1957; Serventi y Sabban, 2000).

3.1.2 Clasificación. La pasta puede clasificarse, de acuerdo al contenido de humedad final en el producto, en pasta fresca ($H_f \geq 24\%$), pasta estabilizada ($24\% < H_f \leq 20\%$) y pasta seca ($H_f \leq 12,5\%$). Sin embargo, aunque es uno de los más comunes, no es el único criterio de clasificación. Pueden clasificarse según los ingredientes utilizados como: pasta de sémola, pasta al huevo, pasta especial (enriquecida con tomates, espinaca u otros vegetales, etc.), pasta rellena (rellena con carne, pescado, vegetales, etc.), pasta dietética (enriquecida con minerales, vitaminas, etc.) o pasta libre de gluten (de maíz, arroz, pseudocereales, etc.); según el procesamiento, como pasta extruida o laminada; según la forma como larga o corta, etc. (Pagani et al., 2007). De acuerdo con Gil (2010), en general, pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- Pastas Alimenticias Simples o Pastas Alimenticias: están elaboradas con sémola de trigo duro (*Triticum durum*), semiduro, blando o sus mezclas. Las elaboradas exclusivamente con sémola de trigo duro se clasifican como de 'calidad superior'.
- Pastas alimenticias compuestas: son aquellas en cuya elaboración incorporan alguna de las siguientes sustancias: gluten, soya, huevos, leche, hortalizas, verduras y leguminosas naturales, desecadas o conservadas, jugos y extractos.

- Pastas alimenticias rellenas: son pastas simples o compuestas que contienen en su interior un preparado elaborado con todas o algunas de las siguientes sustancias: carne, grasas, hortalizas, productos de pesca, verduras, huevos y agentes aromáticos.
- Pastas alimenticias frescas: cualquiera de las anteriores sin proceso de desecación.

3.1.3 Materias Primas. En la actualidad, los consumidores de pasta son muy exigentes con los requerimientos de calidad y no aceptan la variabilidad de la misma en el producto. Para lograr una calidad consistente los fabricantes de pasta deben usar materias primas de características determinadas. No existen medidas estándar de calidad de la pasta y, aun para los parámetros aceptados, existen desacuerdos sobre las metodologías empleadas. No debe verse cada parámetro aisladamente sino como una parte de un 'perfil de calidad' de la sémola (Sissons, 2004).

3.1.3.1 El trigo. El trigo ha sido uno de los alimentos principales de la mayoría de las civilizaciones europeas, Asia Occidental y el Norte de África por aproximadamente 8.000 años. La producción del cultivo está dada por la naturaleza, pero las operaciones de post-producción juegan un papel importante en la creación de fuentes estables de alimentación. El trigo crece bajo diversas condiciones climáticas, desde tierras secas con humedad limitada (EE.UU., Australia, Asia Occidental y Norte de África), hasta tierras con la humedad adecuada en países de Europa Occidental (Baloch, 1994).

La cadena del trigo comienza con la producción agrícola del cereal, seguida por la producción de bienes intermedios y materias primas derivados del proceso de molturación de trigo (harina y subproductos). Los pasos fundamentales de la molienda son la trituration (para fragmentar el grano), el tamizado (para separar las partículas según el tamaño) y la purificación (para separar las partículas provenientes del salvado o pericarpio). De esta manera, un proceso de trituration convierte el trigo en harina que se transforma a su vez en la materia prima para la elaboración de productos de panadería, pastelería y galletería a partir de la harina, y la elaboración de pastas alimenticias con base en la sémola o de mezclas de ésta con harina en diferentes proporciones (Agrocadenas, 2004).

Las importaciones de trigo a Colombia reportan un promedio de US\$ 194'056.000 en el periodo de 2001 a 2003, con una participación del 35,79% dentro de la cadena de molinería. Las importaciones de harina de trigo tienen un promedio de US\$1'182.000 con 0.22% de participación en las importaciones de la cadena. El principal proveedor para Colombia es Estados Unidos con una participación de 57,8%, le siguen Canadá, Argentina y Ecuador. Por otra parte, el principal destino de las exportaciones de nuestro país en los productos de esta cadena es Venezuela, con una participación de 36.4%, seguido por Ecuador, Estados Unidos y Puerto Rico (Agrocadenas, 2004).

El trigo es el cereal más adecuado para la elaboración de la pasta. Sus proteínas tienen la capacidad de interactuar entre ellas y con otros componentes como los lípidos, para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas (gluten), que contribuyen al desarrollo de

la masa y previenen la disgregación de la pasta durante la cocción en agua caliente (Feillet, 1984).

3.1.3.2 El trigo durum. El trigo durum es la única materia prima permitida por la legislación en Italia (así como en Francia y Grecia) ya que difiere en varios aspectos del trigo común tales como la interacción proteína-almidón y el comportamiento al tamizado, entre otros, que desde el punto de vista de los parámetros químicos y sus características físicas y reológicas, son útiles para predecir el comportamiento de la materia prima durante el procesamiento (D'Egidio et al. 1990). Los trigos blandos producen harinas muy finas, compuestas de fragmentos irregulares, difíciles de tamizar, con menor adhesión entre almidón y proteínas y menor lesión de los granos de almidón. Las células de endospermo tienden a fragmentarse, mientras que el resto de las células quedan unidas al salvado (Gil, 2010).

La producción anual de trigo durum en el periodo de 1990 a 1999 en países seleccionados (Argentina, Australia, Canadá, China, Egipto, Unión Europea, India, Irán, Kazajistán, Marruecos, Pakistán, Rusia, Turquía, Ucrania, Uzbekistán y Estados Unidos), se estimó entre 21 y 31 millones de toneladas en un área entre 14 y 16 millones de hectáreas. La producción de trigo duro sólo representa entre el 6 y el 8% de la producción total de trigo (Troccoli et al, 2000). En la actualidad, tres cuartas partes de la producción de trigo se da en Europa, el lejano Oriente, y Norteamérica (USDA, 2011). De acuerdo con Maningat et al. (2009) durante el periodo de 1992 a 1995 el promedio de producción mundial fue de 544 millones de toneladas por año. De 2004 a 2007 la producción mundial de trigo registró 611 millones de toneladas.

La calidad de los productos terminados se relaciona con la calidad del grano, que está determinada por el genotipo pero también por el ambiente (clima y nutrición) y el manejo del cultivo. La calidad del trigo cambia en función del productor y el uso final. El contenido de proteína y la calidad del gluten en el grano son las variables más importantes en la determinación de la calidad de la pasta en la cocción. Antes que una nueva variedad de trigo duro sea incluida y aceptada en el Registro Nacional de Italia para la producción de pasta, se compara con tres variedades verificadas por los parámetros de peso hectolitro, contenido de proteína, índice de gluten e índice de amarillo, junto con el rendimiento de molienda y calidad en pastas. Un índice global de calidad de 95, entendido como la suma de calificaciones en cada parámetro, es el valor mínimo requerido para una buena calificación (Troccoli et al, 2000).

El peso hectolitro es la cantidad de grano que se puede empacar en un volumen determinado, que corresponde a un hectolitro o 100 litros. Los valores altos (>80 kg/hl) indican la presencia de granos robustos sin daño por enfermedad o estrés ambiental y está correlacionado con la cantidad de sémola que puede producirse a partir del grano. Otro parámetro asociado al peso hectolitro es el 'peso de 1000 granos', que también se correlaciona con el rendimiento de la sémola, ya que los granos grandes y robustos tendrán más endospermo y así, cuando se muele producirá más sémola (Sissons, 2004).

Los granos que tengan una coloración negra en la punta o en el pliegue, generarán manchas negras en la sémola y en la pasta. Los defectos más comunes en la superficie son los puntos negros, las manchas por infección fúngica y moho. La infección con

Fusarium, otra infección fúngica, reduce el rendimiento de la sémola debido al encogimiento del grano y produce una pasta más roja y débil. Esta infección también es de interés sanitario porque se asocia con la aparición de micotoxinas como la deoxinivalenol (vomitoxina). Otras infecciones fúngicas pueden ser por ergot (*Claviceps purpurea*), *Alternaria alternata* y *Drechslera tritici-repentis* que produce manchas oscuras en la sémola (Sissons, 2004).

El contenido de ceniza es un parámetro especialmente importante en varios países europeos donde está regulado en la legislación. Este es el caso de Italia donde el contenido de ceniza no debe exceder el 0,9% (base seca) para la sémola de primer grado comercial (Troccoli et al, 2000).

De acuerdo con lo establecido en el Codex Alimentarius (1995) el contenido de humedad debe tener un valor máximo de 14,5% m/m. Se permite un nivel máximo de sclerotium del hongo *Claviceps purpurea* de 0,05% m/m. Los productos regulados por la norma del Codex deberán estar exentos de semillas de *Crotalaria* (*Crotalaria* spp), neguilla (*Agrostemma githago* L.) Castor, semilla de ricino (*Ricinus communis* L.), estramonio (*Datura* spp.) y otras semillas que comúnmente se consideran perjudiciales para la salud (Codex Stan 199/1995, 1995). En Colombia, no se han establecido normas nacionales técnicas ni regulatorias para los requisitos del trigo durum como materia prima en la elaboración de pastas.

3.1.3.3 Sémola de trigo durum. La sémola *durum* es producto granular de color amarillo oscuro y estructura vítrea proveniente de la molienda del endospermo del grano de trigo *durum*, es la materia prima ideal para la fabricación de pasta (Hoseney, 1991; Granito et al., 2003).

La calidad de la sémola de trigo se define en términos de los parámetros de control de calidad del trigo, como lo son el contenido y la calidad de proteína, la actividad enzimática, y los que definen la calidad del proceso de molienda. Un proceso de molienda perfecto idealmente separará el endospermo en forma de sémola sin la contaminación con salvado o el germen. En la práctica, esto es imposible y el nivel de contaminación en la sémola se puede medir mediante la determinación del contenido de ceniza. El contenido de ceniza es una medida del contenido mineral (derivado de las capas de salvado) que permanece cuando todo el contenido orgánico ha sido removido por combustión a temperaturas muy altas (Sissons, 2004). El contenido de ceniza del endospermo tomado del centro del grano puede llegar a un valor de 0,6%, comparado con la harina tomada del grano que está unida a la capa de la aleurona de la superficie del salvado que puede ser de 1,5%. Las tasas altas de extracción producen sémola con un porcentaje de ceniza entre 0.9% y 1.1% (base seca) debido a la contaminación del salvado, lo que reduce la luminosidad y el color amarillo en la sémola (Sissons, 2004). Esto indica que un contenido bajo de ceniza se traduce en una sémola más pura y, para un rendimiento dado, puede indicar una mejor eficiencia en el proceso de molienda. No se debe olvidar que las diferentes clases de trigo pueden tener diversos contenidos inherentes de ceniza, así que las comparaciones adecuadas pueden hacerse solamente si la sémola proviene de trigos de origen similar (Kill et al., 2001).

Para el procesamiento de trigo durum se requieren lotes homogéneos en humedad, peso hectolitro y contenido de proteína. La selección de la sémola se basa en factores que afectan el desarrollo de la masa y las características de calidad del producto terminado, tales como el contenido de cenizas, el color y el comportamiento en la cocción. El desarrollo de la masa se ve afectado por la morfología del gránulo y la distribución del tamaño de partícula. Esta última es normalmente determinada en un agitador mecánico donde la muestra se hace pasar a través de tamices expresados en μm . La sémola debe ser muy fina y lo más uniforme posible. La tasa de granulación de la sémola difiere de país a país. Por ejemplo, en Italia la granulación de la sémola debe ser tal que no más del 10% pase a través de un tamiz de 180 μm ; en Canadá, la sémola comercial puede tener varias clases de granulación: Tamiz N° 40=20,1%; Tamiz N° 60=62,2%; Tamiz N° 80=15,1%; Tamiz N° 100=1,7% usando el sistema estadounidense para clasificar tamices (Troccoli et al, 2000). Teniendo en cuenta que el tamaño de partícula es un requerimiento relacionado con el método de mezcla y amasado empleados en la elaboración de la pasta, no existe un tamaño de partícula ideal para la sémola. Tradicionalmente se requería de una sémola gruesa, sin embargo, para las técnicas modernas se necesitan partículas más finas que se hidraten rápidamente (Kill et al., 2001).

Normalmente se asume que la sémola de color brillante producirá pasta de color brillante, pero este no es siempre el caso. El color que se percibe en la sémola se relaciona con la forma de las partículas de la sémola y la forma como la luz se refleja en ellas, así como con el color propio del endospermo. Por esto es posible tener dos sémolas con diferentes tamaños de partícula que se vean de color diferente como materias primas de una pasta, pero al mezclarse pueden resultar en un color muy similar (Kill et al., 2001).

En el Codex Alimentarius (Codex Stan 178/1991, 1991) se establece que la sémola debe tener un contenido máximo de humedad de 14,5% m/m. En la Tabla 1 se resumen los parámetros de calidad que debe cumplir la sémola para elaboración de pastas.

Tabla 1: Parámetros de calidad de la sémola de trigo duro.

Factor/descripción	Límite	Método de análisis
CENIZA Sémola de trigo duro Sémola integral de trigo duro	Máx.: 1,3% (b. s.) Máx.: 2,1% (b. s.)	AOAC 923.03 (Método del Tipo I) – o – ISO 2171 (1980). Cereales, legumbres y productos derivados – Determinación de la ceniza – Método B-550°C a peso constante.
PROTEÍNA (N x factor 5,7) Sémola de trigo duro Sémola integral de trigo duro	Mín. 10,5% (b. s.) Mín. 11,5% (b. s.)	ICC 105/1 – Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos a base de cereales para alimentos de consumo humano y para piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (método del Tipo I) – ó – ISO 1871:1975
TAMAÑO DE PARTÍCULA	Máx.: El 79% deberá pasar a través de gasa de seda de 315 micras o de un tamiz textil sintético.	No se ha definido ningún método.

Fuente: Codex Standard 178/1991 (1991).

3.1.3.4 Agentes estructurantes.

Almidón de maíz pregelatinizado: El almidón es la mayor fuente de energía de las plantas superiores. Es un polisacárido natural proveniente de la molienda húmeda de los granos de maíz. En general, los gránulos de almidón de maíz (no modificados genéticamente) se componen principalmente de amilosa y amilopectina. La amilosa es un polímero ligeramente ramificado que consiste en unidades de α -D-glycopiranosil con enlaces α -1,4. La amilopectina es un polímero ramificado de unidades de α -D-glycopiranosil principalmente con enlaces 1-4 con ramificaciones que resultan de enlaces 1-6. La longitud promedio de la cadena de amilosa puede estar entre 100 y 10000 unidades glucosil, mientras que en la amilopectina está entre 20 y 30 unidades. Se ha encontrado que el almidón contiene entre 5 y 7% de materia intermedia entre la amilosa lineal y la amilopectina ramificada, compuesta por polisacáridos de bajo peso molecular con igual o mayor grado de ramificación que la amilopectina (Lansky et al. (1949); Erlander et al. (1958); Perlin (1958), citados por Shannon et al. (2009)). Takeda et al. (1993), concluyeron que estos intermedios son estructuras de amilosa ramificadas (citado por Shannon et al., (2009)).

La amilosa y la amilopectina tienen propiedades diferentes. Por ejemplo, la amilosa tiene una alta tendencia a la retrogradación y produce geles duros y películas fuertes, mientras que la amilopectina, en una dispersión acuosa, es más estable y produce geles suaves y películas débiles (Jay-lin, 2009).

El almidón de maíz pregelatinizado es aquel que ha sido precocido y secado en tambores para obtener un producto de fácil dispersión en agua fría con el fin de formar suspensiones relativamente estables (Hodge y Osman (1976), citados por Anastasiades et al., 2002). Es utilizado principalmente como espesante en alimentos y como adhesivos en aglutinantes de fundición de metales y en la industria textil (Colonna, Buleo y Mercier (1987) citados por Anastasiades et al., 2002).

Dentro de las aplicaciones en alimentos, se ha estudiado el efecto de la adición de almidón de maíz pregelatinizado como agente estructurante en pastas elaboradas a partir de amaranto (*Amaranthus caudatus*) se ha encontrado que el tiempo de cocción fue menor en 3.5 min que el de un control de 100% sémola de trigo. Las pérdidas por cocción fueron mayores que en la pasta control probablemente debido al exceso de almidón presente en las muestras que se libera en gran medida durante la cocción. Todas las muestras de espaguetis con almidón presentaron una alta pegajosidad instrumental con respecto al espagueti de sémola de trigo y la pegajosidad aumenta al aumentar el grado de adición de almidón de maíz. La pasta con mayor concentración de almidón (9%) fue 65% más pegajosas que la pasta control. Los autores atribuyen este fenómeno a la gran cantidad de almidón presente en esa muestra específica que, en la ausencia de gluten, causa un incremento en la pegajosidad de la superficie. En el análisis sensorial, los espaguetis adicionados registraron valores menores de volumen, adhesividad y firmeza con respecto al control de sémola (Chillo et al., 2007).

En otro estudio de Chillo et al. (2009) en pastas elaboradas con quinua o avena, se encontró que en las pastas a base de quinua, tanto los valores de viscosidad de

elongación como los de corte, no se vieron afectados por la adición de almidón pregelatinizado en el rango examinado para la razón de corte. Los datos tampoco mostraron una tendencia en las pastas a base de avena. La viscosidad de la masa está directamente influenciada por el grado de gelatinización del almidón de las materias primas (Hsieh et al., 1991). La gelatinización es la mayor transición que experimenta el almidón durante los procesos térmicos y está relacionada con las características del gránulo de almidón, por ejemplo, el grado de cristalinidad (Krueger et al., 1987). Esto está influenciado por la composición química del almidón. Los almidones de diferentes fuentes botánicas, diferentes en su composición, exhibieron diferentes temperaturas de transición y entalpías de gelatinización (Kim et al., (1995); Chillo et al. (2009)). Lo anterior podría explicar el hecho de no observarse ninguna tendencia en el comportamiento reológico.

En el mismo estudio de Chillo et al. (2009) con pastas de quinua y avena, se encontró que las pastas con almidón pregelatinizado fueron menos resistentes a la ruptura y que la adición de agentes estructurantes no afectó en gran medida la resistencia a la ruptura de los espaguetis de quinua, lo que se atribuye a la interacción débil del almidón de maíz pregelatinizado con los componentes de la quinua. En la evaluación sensorial, la pasta con almidón pregelatinizado fue calificada como inaceptable para los atributos de volumen, firmeza y adhesividad. La adhesividad está relacionada con la cantidad de agua absorbida por la matriz durante la cocción. El agua absorbida del almidón causa la solubilización de amilosa en el agua de cocción y la presencia de amilopectina en la superficie de la pasta (Chillo et al., 2009).

Carboximetil celulosa (CMC): Los almidones e hidrocoloides son ampliamente usados en la industria alimentaria para impartir propiedades de textura y apariencia a los productos elaborados a base de cereales (Anon, 2002). Los hidrocoloides, normalmente conocidos como 'gomas' son capaces de modificar la calidad de un producto alimenticio. Así como los almidones, las gomasp proveen viscosidad y textura, y pueden utilizarse solos o en combinación con almidones para generar ciertos efectos.

La carboximetil celulosa (CMC) es un derivado de la celulosa con grupos carboximetil unidos a algunos grupos hidroxilo de los monómeros de glucopiranososa que conforman la estructura de la celulosa. La CMC de grado alimenticio tiene un grado de sustitución en el rango de 0.65 a 0.85 (Hoefer, 2000). Las moléculas de CMC se usan normalmente en sus sales de sodio, tienen un alta solubilidad en agua fría y se usan principalmente para controlar la viscosidad en un producto sin gelificar (BeMiller, 2008). La CMC es un buen agente estructurante (Gan et al., (2001), citado por Chillo et al., 2007). Es un estabilizante común usado para dar viscosidad, mejorar la firmeza y dar cuerpo en la sensación bucal de los productos terminados. Gracias a su capacidad para ligar agua, la CMC puede incrementar la tasa de rehidratación de la pasta durante la cocción o el remojo (Yu, 2003).

La CMC puede considerarse como una fibra soluble debido a su solubilidad en agua fría. Éstas son muy útiles para incrementar el contenido de fibra en los alimentos líquidos. Las fibras solubles pueden aumentar también la viscosidad en digestión, la glucosa de control postprandial y respuesta de insulina, reducir el colesterol total y el LDL y regular el apetito (Brennan et al., 1996; Davidson y McDonald, 1988; Ellis et al., 2001; Peressini y Sensidoni, 2009; Tudorica et al., 2002). Las fuentes de fibra soluble tienen la capacidad de soportar selectivamente el crecimiento de las bacterias benéficas del colon y así aliviar el estreñimiento (Malkki, 2004; Roberfroid, 1993). Jenkins et al. (1978) compararon el

efecto de varias fibras consumidas con 50 g de glucosa, encontrando que, en general, las fibras solubles fueron las más efectivas en la disminución de la respuesta glicémica y al ser más alta la viscosidad de la fibra, será más efectiva la respuesta.

La adición de CMC en los alimentos elaborados con base en cereales ha mostrado efectos benéficos en la regulación de la glucosa en sangre y el colesterol en plasma en ayuno (Brennan et al., 1996). Komlenic et al. (2006) adicionaron entre 0.15% y 0.75% de CMC a la pasta con lo cual no sólo no se afectaron las propiedades sensoriales, sino que se mejoró la calidad sensorial con respecto a la pasta corriente. Sin embargo, pudo ser una concentración demasiado baja para obtener un efecto fisiológico deseable (Komlenic et al. (2006) citado por Aravind et al., 2011).

Aravind et al. (2011) estudiaron el efecto de la adición de CMC sobre las propiedades sensoriales y tecnológicas de pasta con base en sémola de trigo, encontrando que la adición de CMC no afectó el tiempo de desarrollo de la masa, al igual que el índice de gluten. Tampoco tuvo efecto en el tiempo óptimo de cocción o las pérdidas por la cocción, así como no tuvo impacto significativo sobre la firmeza de la pasta cocida. La pegajosidad fue significativamente mayor para las pastas con adición de 0.5% y 1.0% con respecto al control. Observaron que la absorción de agua mostró un incremento estable proporcional a la adición de CMC y fue significativamente mayor que la pasta control con las adiciones de 1% y 1.5%. La adición de CMC no afectó la luminosidad de la pasta (L^*). El valor en la escala de amarillo (b^*) de la pasta cruda, se incrementó para todas los grados de adición de CMC en comparación con el control. La evaluación de la calidad sensorial registró calificaciones muy similares a los de la pasta control. Al aumentar la adición de CMC se redujo la rugosidad y gomosidad en la superficie de la pasta, y tuvo un efecto más pronunciado en el incremento de la sensación de harinosidad. Estos datos indicaron un efecto mínimo de la adición de CMC en la calidad sensorial de la pasta. La apariencia general de las pastas secas con los diferentes grados de adición de CMC, no eran diferenciables visualmente de la muestra control.

Komlenic et al. (2006) investigaron los efectos de la adición de 0.15% - 0.75% de la sal sódica de CMC en pasta, encontrando un incremento de las pérdidas por cocción y una reducción de la absorción de agua proporcional al grado de adición de CMC, fenómeno que atribuyeron a que la CMC absorbe agua rápidamente inhibiendo el hinchamiento del almidón y la absorción de agua de la pasta. Así mismo, obtuvieron mejores calificaciones en la evaluación sensorial de las pastas adicionadas gracias a una baja pegajosidad y buena consistencia. Olfat et al. (2006) adicionaron un complejo de CMC y proteína de suero en macarrones, encontrando un mejoramiento en la calidad de la cocción (incremento de volumen) y una mejor calidad sensorial para el color, el sabor y la apariencia al adicionar 3% de CMC – Proteína de suero. Esto sugiere que se puede adicionar niveles mayores de CMC a los propuestos por Aravind et al. (2011).

3.1.4 Elaboración de la pasta. La transformación de la sémola en una pasta de forma definida con el potencial de dar la textura requerida, se logra con los procesos de humectación, mezclado/amasado y extrusión. La pasta forma una red proteica que encapsula los gránulos de almidón y esta estructura se moldea en un solo cuerpo con un mínimo de grietas e imperfecciones (Kill et al., 2001).

3.1.4.1 Amasado. La primera etapa de la elaboración de la pasta comprende la humectación de las materias primas secas con los ingredientes líquidos. Teniendo en cuenta las capacidades de los sistemas continuos de producción de pasta, debe darse gran importancia a la óptima humectación de la sémola en un corto tiempo antes del mezclado y amasado. La zona de humectación se instala a la cabeza del mezclador. El mezclado pone en contacto la sémola y la harina con el agua adicionada y el huevo, si lo lleva. La masa obtenida tiene la capacidad de fluir y tiene un contenido de humedad uniforme (Kill et al., 2001).

Durante la preparación de la masa se adiciona agua en una proporción entre 18% y 25% de las materias primas secas, para obtener una masa fresca que contiene una humedad promedio entre 30% y 32% (Kill et al., 2001; Sissons, 2004).

En la etapa de amasado se incorporan a la sémola, harinas o mezclas, agua (30%) y sal, y se mezcla durante un tiempo aproximado de 10 minutos. En este proceso, el gluten se desarrolla y absorbe el 90% del agua, produciendo un esponjamiento de la masa y su transformación en una masa homogénea y firme. La operación debe realizarse en amasadoras herméticas en ausencia de aire, para evitar la aparición de burbujas que darían a la pasta un aspecto opaco y puntos de debilidad, además de favorecer la actuación de la lipo-oxigenasa que destruye los carotenos responsables del color amarillo (Gil, 2010).

3.1.4.2 Extrusión. En el momento de pasar a extrusión el contenido de humedad de la masa debe estar alrededor de 28% (Kent, 1994). La mezcla se somete a una presión continua de hasta 150 atm (por lo general, 80-120 atm) a lo largo del tornillo sinfín, procurando que no se alcance la temperatura de 50°C para no deteriorar la estructura proteica, que influiría negativamente en la cocción. Posteriormente la masa sale por una boquilla, donde se produce una expansión y el producto toma la forma del molde de la boquilla de salida. Actualmente, existen en el mercado 250 formatos de pastas (Gil, 2010).

3.1.4.3 Secado. El secado es la etapa más compleja (Kill et al., 2001). El propósito del secado es producir una pasta fuerte y estable. La humedad es removida de la superficie de la pasta por una corriente de aire caliente, creando un gradiente de humedad dentro de la pasta (Sissons, 2004). El proceso debe darse desde el interior de la pasta y si la superficie se seca demasiado rápido pueden generarse agrietamientos (Kill et al., 2001; Sissons, 2004) ya que se formarían cortezas en la superficie, que obstaculizarían la salida del agua de las zonas internas (Gil, 2010). Las grietas o líneas de fractura que se desarrollan con un secado inadecuado pueden causar el quiebre del producto seco durante el empaque y el almacenamiento. Debido a esto, la pasta puede desintegrarse y deteriorarse su apariencia durante la cocción, y ser rechazada por el consumidor.

El calor del secado ayuda a crear una red permanente de proteína alrededor de los gránulos de almidón, favoreciendo la resistencia y la integridad de la pasta. Esto previene que los gránulos de almidón se liberen durante la cocción y mejora la firmeza y la masticabilidad de la pasta cocida (Sissons, 2004).

Existen tres procesos de secado de acuerdo con la temperatura utilizada: el secado a temperatura normal alrededor de 50°C por aproximadamente 18 horas; secado a temperatura alta entre 60°C y 75°C por aproximadamente 8 horas; y el secado a temperatura ultra alta entre 85° y 105°C por 4 o 5 horas (Sissons, 2004). Actualmente se usan sistemas de secado a temperaturas altas o ultra altas, por encima de los 70°C (Gil, 2010) gracias a los beneficios que tienen sobre la calidad al contribuir al incremento de la firmeza y el color amarillo, además de ser un proceso de mayor capacidad (Sissons, 2004). Las temperaturas de 40-60°C sólo se utilizan en empresas de reducida producción. Al aumentar las temperaturas (66-94°C) se reducen los tiempos de secado y el tamaño de las instalaciones; el producto tiene mayor estabilidad microbiana, la red proteica se refuerza, disminuye la adherencia de la pasta y pueden usarse mezclas de productos de trigos blandos (con menor contenido proteico) con óptimos resultados (Gil, 2010). Una temperatura excesiva durante el secado es indeseable, ya que provocará la aparición de color marrón en la pasta debido a un pardeamiento no enzimático extremo (reacciones de Maillard) (Sissons, 2004).

El producto tiene que pasar del 30% de humedad al 12.5% con una baja actividad de agua para garantizar una larga vida útil (Sissons, 2004), y el procedimiento de secado también depende del tipo de pastas (largas o cortas). Las pastas de tamaño pequeño también pueden secarse en hornos de microondas durante un tiempo no superior a 2 horas (Gil, 2010). En un proceso genérico la pasta se mueve a través de una cámara de secado hasta que alcanza la humedad final determinada y se estabiliza para garantizar que la humedad remanente quede uniformemente distribuida. El producto se enfría hasta alcanzar la temperatura ambiente. Las pastas largas, que están cubiertas por varillas, se mueven a través del secador y luego a un apilador. Luego es cortada con sierras de alta velocidad para retirar las porciones curvas y recortar la pasta hasta la longitud deseada. El producto final se empaqueta en bolsas de celofán, polietileno, polivinilcloruro (PVC), o en cajas de cartón. El empaque se diseña para mantener el producto libre de contaminación y protegerlo del daño que se pueda causar por el transporte y almacenamiento, además de mostrarlo de forma atractiva y diferenciada al consumidor final (Sissons, 2004).

3.1.4.4 Cocción. La cocción de la pasta consiste en su inmersión en una proporción determinada de agua hirviendo durante un tiempo óptimo de cocción. El tiempo óptimo de cocción se define como el mínimo en minutos cuando no es posible observar un núcleo línea blanca en el centro del espagueti después de comprimirlo entre dos placas de vidrio (NTC 5080, ICONTEC, 2002).

La penetración de agua durante la cocción del espagueti es principalmente una función de la proteína contenida. La gelatinización del almidón toma lugar en dirección hacia adentro y ocurre a una rápida velocidad a concentraciones bajas de proteína. Cuando se examina el espagueti cocido mediante microscopía electrónica, éste exhibe una red filamentosa cerca de la superficie que corresponde a una red de almidón cubierto por proteína interconectada por fibras de almidón. Resmini y Pagani (1983) postularon que si la coagulación de la proteína prevalece, las partículas de almidón estarán atrapadas en la red proteica, provocando la firmeza de la pasta. Si prevalecen la hinchazón y gelatinización del almidón, la proteína coagulará en masas discretas y no en una estructura continua, cuando se obtiene una pasta blanda y pegajosa (Maningat et al., 2009).

Se ha reportado que el almidón cambia durante la cocción de la pasta variando desde una gelatinización-hidratación en la capa superficial hasta una fundición sin estructura cristalina en el centro inducida por el calor. Se especula que tanto el estado del almidón como la estructura superficial, contribuyen al desarrollo de la textura elástica y pegajosidad de la pasta. Las interacciones entre el almidón y la matriz proteínica circundante son evidentes en las capas media y superficial. En el centro de la pasta cocida, los gránulos de almidón de trigo mantienen su forma debido a la difusión limitada del agua y la red proteínica sigue densa (Maningat et al., 2009).

3.1.5 Calidad de las Pastas. Los criterios de calidad de la pasta seca establecen la ausencia de grietas y de manchas, y la presencia de una superficie lisa y una coloración amarilla, y los de pasta cocida se centran en la coloración, firmeza y ausencia de pegajosidad (Gil, 2010).

Se ha estudiado el efecto de la forma de las pastas sobre la calidad de las mismas, comparando entre pastas extruidas, laminadas y laminadas al vacío, encontrándose que las pastas laminadas incluso al vacío muestran un mejor comportamiento con respecto a la degradación (pérdida de sólidos) que las extruidas. Por su parte las pastas extruidas muestran mejor comportamiento a la textura (fuerza a la primera ruptura y extensibilidad) atribuido a que la masa se somete a una mayor presión que favorece la formación de una fase continua más plástica (Carini et al., 2009; Zardetto et al., 2009).

La calidad en la cocción es un aspecto de interés en la elaboración de pasta. Se puede evaluar mediante su comportamiento reológico, la firmeza después de la cocción y las condiciones de superficie de la pasta cocinada. Una pasta cocinada se caracteriza por mantener una buena textura, ser resistente a la desintegración de la superficie y a la pegajosidad, y conservar una estructura firme o una consistencia al dente. Algunas propiedades físicas que pueden revelar la calidad de la pasta son la compresibilidad, elasticidad, la absorción de agua, el grado de hinchazón, la pérdida de sólidos en el agua de cocción y la cantidad de proteínas de la sémola y sus características intrínsecas. El desempeño en la cocción depende esencialmente de las características intrínsecas de la sémola utilizada, aunque también puede afectarse por ciertas condiciones del proceso así como la razón de extracción de la sémola durante la molienda. La evaluación de la calidad de la pasta puede predecirse mediante pruebas reológicas, como la farinográfica o alveográfica, pero no existe un método estandarizado. La elaboración experimental de la pasta seguida de una evaluación apropiada de los productos terminados, como un panel de prueba, proveen una evaluación más fiable, pero la calidad de la cocción puede predecirse empíricamente mediante experimentos objetivos (Troccoli et al, 2000).

Al consumidor final le interesa la calidad de la pasta en la cocción así como el aroma, el sabor, el color, la apariencia y el valor nutricional (Sissons, 2004). La calidad en la cocción de la pasta se considera como la capacidad del producto de mantener una buena textura después de la cocción y no convertirse en una masa pegajosa y espesa. Sin embargo, puede afectarse por el gusto y los hábitos individuales del consumidor (Troccoli et al, 2000).

El criterio sensorial se expresa por componentes tales como la pegajosidad, la firmeza y el volumen. Sin embargo, se presentan algunas dificultades en la evaluación sensorial relacionadas con los antecedentes y experiencia de los panelistas. Para evitar la subjetividad del jurado organoléptico se ha demostrado experimentalmente que la cantidad de la materia orgánica total liberada por la pasta cocida después de la inmersión en agua por un tiempo ajustado está altamente correlacionada con la estimación sensorial. Además, los lípidos no polares, así como las interacciones entre el almidón, los constituyentes menores y las proteínas, también parecen tener efecto sobre la pegajosidad del espagueti cocido (Troccoli et al, 2000).

Según la Norma Técnica Colombiana NTC-1055 (ICONTEC, 2007), las pastas alimenticias deben cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2: Requisitos para las pastas alimenticias secas.

Requisitos	Valores (%)	
	Mín.	Máx.
Humedad (%)	-	13,0
Proteína (N x 5,70) (%) b. s.	10,5	-
Cenizas (%) b.s.	-	1,2
Acidez expresada con ácido láctico	-	0,45

Fuente: NTC 1055 (ICONTEC, 2007)

3.1.6 Valor nutricional de la pasta. La pasta es considerada como un alimento saludable siendo relativamente bajo en grasa, alto en carbohidratos y con un buen contenido de proteína (Sissons, 2004). La composición y, por lo tanto, el valor nutritivo de la pasta dependerán de la calidad de las sémolas o harinas y del grado de extracción. Las pastas compuestas o rellenas presentan una composición y un valor nutricional muy variables de acuerdo con los ingredientes utilizados en su elaboración. Los hidratos de carbono (almidón) son los nutrientes más abundantes. La proteína más abundante de la pasta es el gluten, que le confiere la elasticidad típica. El contenido medio es del 12-13%, por lo que se puede considerar una fuente adecuada de proteína, aunque esta sea deficiente en lisina. La pasta alimenticia simple, la más consumida, se elabora con sémola de trigo duro, agua y sal, su valor energético es de aproximadamente 350 kcal/100g y el aporte de nutrientes está relacionado con la variedad de trigo, las condiciones de cultivo y el grado de extracción, que en el caso de los productos para elaboración de pasta suele ser bajo (70%) (Gil, 2010).

Las pastas alimenticias compuestas son también muy consumidas e incorporan en su elaboración otros ingredientes: huevos (pasta de huevo), vegetales (espinacas, tomate, zanahoria), suplementos proteicos (harina de soya, leche desnatada en polvo o gluten de trigo), pastas enriquecidas (hierro, vitaminas del grupo B) o complementos naturales (germen de trigo, levadura de cerveza, etc.). La pasta se caracteriza por el bajo contenido en grasa. No obstante, cuando se hace referencia a este nutriente hay que tener en cuenta, como en el caso de las proteínas, la formulación o forma de preparación utilizada. El aporte de minerales y vitaminas es escaso y depende del grado de extracción (Gil, 2010). El mejoramiento nutricional de la pasta involucra principalmente un incremento del contenido de proteína y fibra dietaria, y la fortificación con vitaminas y minerales. Las harinas con alto contenido de proteína como las de soya, frijol, lupino y haba, pueden

adicionarse para aumentar el contenido de proteína en la pasta más del 15% y mejorar el contenido de aminoácidos limitantes, particularmente la lisina. Para incrementar los niveles de minerales, vitaminas y fibra dietaria, se pueden incorporar alforfón (*Fagopyrum tataricum*), trigo entero (*Triticum aestivum L.*), alcachofa (*Cynara scolymus L.*) o amaranto (*Amaranthus caudatus*), todos con beneficios para la salud (Sissons, 2004).

En la Tabla 3 se presentan los valores nutricionales por 100 g de producto para un pasta básica, una pasta enriquecida con vitaminas, una pasta con huevo y una pasta básica cocida (Kill et al., 2001).

La ración media recomendada de pasta cocida simple o con huevo es de 240 g, que equivalen a 80 g de pasta cruda sin relleno. El aporte energético se encuentra entre 240 y 369 kcal dependiendo de que sean simples o rellenas, lo que supondría el 14.5-18% de la energía para una dieta de 2000 kcal; el aporte de hidratos de carbono es de 30-55 g por ración y las proteínas cubren el 20% de las recomendaciones, aunque son proteínas deficientes en lisina. El aporte de vitaminas por ración para pastas simples no alcanza el 10% de las recomendaciones para las vitaminas del grupo B y alrededor del 10% para los minerales, hierro, zinc y magnesio (Gil, 2010).

Tabla 3: Valores nutricionales por 100 g de producto para varios tipos de pasta.

	Pasta básica ^a	Pasta enriquecida con vitaminas ^b	Pasta con huevo ^b	Pasta básica cocida ^a
Calorías (kcal)	342	370	380	104
Proteína (g)	12	12.8	14	3.6
Grasa (g)	1.8	1.6	4.2	0.7
Carbohidratos (g)	74	74	75	22.2
Fibra dietaria (g)	2.9	4.2	4.7	1.2
Calcio (mg)	25	17.5	29	7
Hierro (mg)	2.1	3.8	4.5	0.5
Fósforo (mg)	190	149	214	44
Potasio (mg)	250	161	223	24
Sodio (mg)	3	7	21	Trazas
Ácido ascórbico (mg)	0	0	0	0
Tiamina (mg)	0.22	1	1	0.01
Riboflavina (mg)	0.31	0.44	0.5	0.01
Niacina (mg)	3.1	7.5	8	0.5
Vitamina B6 (µg)	0.17	0.1	0.1	0.02
Ácido fólico (µg)	34	17.5	30	4
Vitamina B12 (µg)	0	0	0.4	0
Vitamina A (µg)	0	0	61	0
Colesterol (mg)	0	0	94	0

Fuente: ^aHolland et al. (1991).

^bUSDA (1989)

Las pastas son alimentos de alto valor energético y se recomiendan en la dieta habitual de la población y, en especial, de los que requieren un mayor aporte energético como niños, adolescentes, personas con profesiones de gran actividad o desgaste físico y en determinadas enfermedades y periodos de convalecencia, en los que se requiere aumentar el aporte calórico (Gil, 2010). Varios estudios sugieren que la pasta reduce el incremento de glucosa en la sangre en seres humanos después de una comida con una

carga de carbohidratos comparable a pan blanco. Esto se considera favorable porque reduce del riesgo de desarrollar diabetes tipo II (Sissons, 2004).

Las pastas constituyen un alimento de elección para personas mayores y especialmente para las que poseen dificultades de deglución. Las pastas contienen gluten, por lo que su consumo está totalmente contraindicado para personas que padecen intolerancia al gluten (celíacos), excepto aquellas formulaciones de productos que especifican en la etiqueta que son aptas para ser consumidas por enfermos celíacos, elaboradas con harinas de arroz u otros cereales (Gil, 2010).

3.1.7 Producción y consumo de pasta en el mundo. La producción mundial de pastas alimenticias, tomando en cuenta 44 países, se ubica en 10'850.000 Ton. En la Tabla 4 se presenta la producción mundial de pasta por país, donde la producción de Europa representa 43,4%, América el 36,5%, Asia 15,2% y África 4,7%. El primer país productor en el mundo es Italia (28,8%) seguido por Estados Unidos (10,7%) y Brasil (9,2%). Venezuela (3,0%) y Argentina (2,7%) se sitúan en el séptimo y noveno lugar, respectivamente. En América la producción de pastas es cercana a los 4 millones de toneladas. Hay dos grandes productores de pastas que son Estados Unidos y Brasil con 29,6% y 25,4% del total. Le siguen en importancia Venezuela (8,3%), Argentina (7,4%), México (7,2%). La producción de América del Norte representa el 41% del total, mientras que el resto representa el 59% (INTERNATIONAL PASTA ORGANIZATION, 2011).

Tabla 4: Producción mundial de pasta por país.

País	Producción (Ton)	País	Producción (Ton)
Italia	3'247.322	República Checa	70.000
Estados Unidos	2'000.000	Hungría	66.000
Brasil	1'300.000	República Dominicana	65.000
Rusia	858.400	Ecuador	56.000
Turquía	740.648	Rumania	52.600
Irán	560.000	Austria	54.778
Egipto	400.000	Suiza	46.656
Venezuela	363.663	Bolivia	43.000
Alemania	322.700	Guatemala	38.000
México	325.000	Reino Unido	35.000
Argentina	291.300	Costa Rica	24.500
Perú	277.694	Holanda	23.335
España	252.624	Eslovaquia	22.000
Francia	247.411	Suecia	20.200
Túnez	183.000	Jordania	20.000
Canadá	170.000	El Salvador	13.000
Polonia	160.000	Siria	9.005
Grecia	151.000	Eslovenia	5.913
Japón	144.500	Lituania	5.976
Colombia	131.270	Panamá	4.364
Chile	107.347	Letonia	1.845
India	100.000	Estonia	1.400
Portugal	76.000		

Fuente: INTERNATIONAL PASTA ORGANIZATION, 2011.

Actualmente, existe un amplio mercado para las pastas al estilo italiano. Los italianos tienen el mayor consumo per cápita (28 kg). Venezuela (12,6 kg), Chile (8,2 kg) y Perú (8,0 Kg) se encuentran entre los países de mayor consumo ocupando el segundo, sexto y séptimo lugar entre 47 países considerados (Tabla 5). Un reciente estudio en Estados Unidos llevado a cabo por la Asociación Nacional de Pasta, indicó que el consumo per cápita se ha incrementado en los últimos años. Las razones dadas por los consumidores incluyen que es un alimento saludable, que es fácil de almacenar en el hogar y es fácil y rápido de preparar. En el Reino Unido el crecimiento del mercado de la pasta seca se ha desacelerado considerablemente. El mercado de la pasta fresca aun es mucho menor aunque está creciendo a un ritmo de 10% interanual. La pasta ha sido aceptada en el Reino Unido como parte normal de la dieta durante los últimos 20 años, lo cual se ve reflejado también en el rápido crecimiento en las ventas de salsas preparadas para pastas (Kill et al., 2001).

Tabla 5: Estimación del consumo nacional de pasta.

País	Consumo (kg per cápita)	País	Consumo (kg per cápita)
Italia	26.0	España	5.0
Venezuela	13.0	Eslovaquia	5.0
Túnez	11.9	Bolivia	4.8
Grecia	10.4	Holanda	4.4
Suiza	9.7	Lituania	4.4
Suecia	9.0	Polonia	4.4
Estados Unidos	8.8	Letonia	4.1
Chile	8.4	República Dominicana	4.0
Perú	8.3	Australia	4.0
Francia	8.0	Israel	4.0
Alemania	7.9	Ecuador	3.9
Hungría	7.4	Panamá	3.8
Argentina	7.2	Costa Rica	3.7
Austria	7.0	Finlandia	3.2
Eslovenia	7.0	Colombia	3.0
Irán	7.0	México	3.0
Portugal	6.6	Rumania	2.7
Canadá	6.5	Reino Unido	2.5
Brasil	6.4	Guatemala	2.0
Turquía	6.1	Dinamarca	2.0
República Checa	6.0	Libia	2.0
Rusia	6.0	Japón	1.7
Austria	5.6	Egipto	1.2
Bélgica – Luxemburgo	5.4	Irlanda	1.0
Estonia	5.3	El Salvador	1.0

Fuente: INTERNATIONAL PASTA ORGANIZATION, 2011.

3.1.8 Pastas Compuestas. Las pastas tienen un papel fundamental en la nutrición humana gracias a su complejo contenido de carbohidratos. Debido a su amplia difusión en

el mundo, su larga vida útil y su valor nutricional intrínseco se puede usar en varias combinaciones para elaborar importantes principios nutricionales (Antognelli, 1980). Este aspecto involucra enriquecimiento con proteína, fibra dietaria, vitaminas y minerales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Oficina de Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) consideran la pasta como un buen vehículo para la adición de nutrientes. La pasta fue uno de los primeros alimentos para los cuales la FDA permitió el enriquecimiento con vitaminas y hierro en la década de 1940 (Marconi y Carcea, (2001) citado por Chillo et al., (2007)).

La cantidad de harina que se puede sustituir o adicionar a la sémola representa un compromiso entre el mejoramiento nutricional y el logro de la satisfacción sensorial y las propiedades funcionales de la pasta. La adición o sustitución de materias primas ricas en proteínas resulta en productos de pasta con altos contenidos de proteína y mejores valores nutricionales que la pasta convencional de sémola (Marconi y Carcea, 2001). Para obtener pasta de buena calidad a partir de otras materias primas a menudo es necesario hacer modificaciones al proceso de producción tradicional (Kent, 1994). Las características de las pastas estudiadas son importantes debido a que la pasta de alta calidad debe tener una baja susceptibilidad a la ruptura y alta resistencia a la cocción, buenos atributos sensoriales (Menger, 1977), no debe liberar una cantidad excesiva de materia orgánica en el agua de cocción y no debe mostrar pegajosidad (Manser (1981) citado por Bhargava et al., (2006)).

Se han llevado a cabo varios estudios para mejorar el contenido de proteína de la pasta mediante la adición de materias primas de origen vegetal (Bahnassey y Khan, 1986; Breen, 1977; Haber et al., 1978; Nielsen et al., 1980) o de origen animal (Hanna et al., 1978; Pagani et al., 1986; Resmini et al., 1975; Schoppet et al., 1979). Otros autores estudiaron el efecto de la adición de fibras dietarias, vitaminas y minerales en la calidad de las pastas (Bahnassey et al., 1986; Knuckles et al., 1997). Las materias primas provenientes de plantas de alto contenido proteínico se derivan principalmente de la soya, arveja, lupino, amaranto, quinua, habas y garbanzo, que pueden utilizarse como aislados, en su forma concentrada o harinas (Chillo et al., 2008).

Torres et al. (2007) sustituyeron pastas con semillas germinadas de guandul (*Cajanus Cajan*) obteniéndose productos con buena aceptación por parte del consumidor, con mayor contenido de proteína y vitaminas, pero con menor calidad de cocción al incrementarse la degradación por pérdida de sólidos que aumentó con el porcentaje de sustitución. Gallegos-Infante et al. (2010) estudiaron la calidad de pastas sustituidas con harina de frijol común mexicano (*Phaseolus vulgaris L.*), encontrando que las pastas con mayor porcentaje de sustitución mostraron mayores pérdidas por cocción y contenido de proteína, mientras que se obtuvieron tiempos de cocción menores en comparación con controles de pasta elaborada con 100% sémola.

Petitot et al. (2010) evaluaron la calidad de pastas sustituidas con harina de arveja y haba. Las pastas sustituidas con habas mostraron un comportamiento similar al control de sémola con valores similares de degradación. Las pastas sustituidas mostraron valores menores de tiempo de cocción y menor absorción de agua. Chillo et al. (2008) evaluaron la influencia de la sustitución de pastas con trigo sarraceno y salvado de trigo, reportando menores tiempos de cocción al aumentar el grado de sustitución.

Chillo et al. (2007) comparó la adición de CMC y almidón de maíz pregelatinizado como agentes estructurantes a pastas elaboradas con amaranto, encontrando valores menores de degradación para las pastas adicionadas con CMC y muy similares al control. En otro estudio de Chillo et al. (2009) encontraron que las pastas elaboradas con base en quinua adicionadas con almidón pregelatinizado presentan un comportamiento reológico inferior a las pastas con base en sémola.

Granito et al. (2003) utilizaron excedentes de la industria del maíz como germen desgrasado, y productos agrícolas como frijol (*Vigna sinensis*) y almidón de yuca, para sustituir la sémola de trigo en pasta. Adicionaron estearoil-lactil-lactato de sodio al 0,5%. Efectuaron un presecado a 55°C y 70% de humedad relativa por 3h y un secado a 90°C y 75% de humedad relativa por 2h. La sémola fue sustituida en 55%, 70%, 80% y 90%. Se evaluaron proteína, humedad, grasa, cenizas, fibra dietética, minerales y color de las pastas elaboradas. Encontraron un mejoramiento en el valor nutricional gracias a la sustitución aunque no en todos los casos mejoró la digestibilidad.

En el estudio de Astaíza et al. (2010) se utilizó la formulación propuesta por Elizalde A. (2003), que establece que la pasta está compuesta por una fase sólida constituida generalmente por sémola de trigo y una fase líquida compuesta por agua y huevo, que corresponden al 70% y al 30% de la masa total, respectivamente. La fase líquida tiene una proporción de 85% de agua y 15% de huevo. De acuerdo a esta formulación se sustituyó por 30, 40 y 50% una parte de sémola de trigo con harina de quinua de la variedad *Blanca Jericó*. Se evaluó el tiempo de cocción que se vio incrementado en 10 minutos en las pastas sustituidas con harina de quinua, sin encontrar diferencia significativa entre las pastas enriquecidas. También se evaluaron las pérdidas por cocción, observándose que en las pastas enriquecidas aumentó el porcentaje de pérdida de sólidos entre 0.2% y 1,21%, con respecto al control en el cual el porcentaje de pérdidas por cocción fue del 2.15%. Con respecto a los tallarines comerciales, que generalmente miden 25 cm de largo con 1 mm de espesor, los tallarines obtenidos en el experimento mostraron mayores tiempos de cocción. Se realizó un presecado a temperatura ambiente durante 24 horas, después de lo cual se pasaron las muestras a una cabina artesanal de secado donde permanecieron a 45°C y 65% de humedad hasta obtener un humedad final de 11%. Las bajas temperaturas de las condiciones de presecado y secado utilizadas estuvieron relacionadas con la pérdida de sólidos por cocción.

3.2 LA QUINUA

La planta recibe una gran variedad de nombres a lo largo del área andina. En Colombia se conocen: quinua, suba, supha, uba, luba, ubalá, juba y uca. En Perú se tiene quinua, jiura, quiuna. En Ecuador se conoce como quinua, juba, subacguque, ubaque y uvate. En Bolivia se le denomina quinua, jupha y jiura. En Chile se le llama quinua, quingua o dahuie. Y en Argentina se le dice quinua o quiuna (Mujica et al., 2001).

La quinua pertenece a la familia de Chenopodiaceae, género *Chenopodium*, sección Chenopodia y subsección Cellulata (Tabla 6). Dentro del género *Chenopodium* existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias: como productoras de grano, *Ch. quinoa Willd.* y *Ch. pallidicaule Aellen*; como verdura *Ch. nuttalliae Safford* y *Ch.*

ambrosioides L. El número cromosómico básico del género es nueve, siendo una planta alotetraploide con 36 cromosomas somáticos (Mujica et al., 2001).

Tabla 6: Taxonomía de la quinua.

Reino	Vegetal
División	Fenerógamas
Clase	Dicotiledóneas
Sub clase	Angiospermas
Orden	Centrospermales
Familia	Chenopodiáceas
Género	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow

FUENTE: Mujica et al., 2001.

La quinua es una planta andina perteneciente a las especies domesticadas en las regiones del Lago Titicaca de Perú y Bolivia. Su domesticación probablemente tomó un largo período de tiempo, comenzando por el consumo de las hojas y luego por las semillas. La especie se ha adaptado a diferentes condiciones climáticas, culturales y agrícolas, por lo que ha sido utilizada por varios tipos de comunidades étnicas. Al parecer se encontraba ampliamente distribuida geográficamente desde el departamento de Nariño en Colombia hasta la región del Tucumán en Argentina y el río Maule en Chile. Algunos registros evidencian la utilización de la quinua por los Mayas y Aztecas en Centroamérica. Las evidencias arqueológicas en la región de Chile y Ayacucho en Suramérica señalan que la domesticación pudo haber ocurrido entre 3000 y 5000 años antes de Cristo (Mujica et al., 2001). En el Imperio Inca, al parecer era el segundo alimento más importante después del maíz (Cusack, 1984). En la actualidad, la quinua se encuentra distribuida mundialmente en América, Europa, Asia y África, con lo que se ha evidenciado la capacidad de adaptación de la planta (Mujica et al., 2001).

Como resultado de la domesticación a lo largo de los siglos, la planta se caracteriza por tener una alta producción de semillas de colores claros. Se obtuvo una definición de características diferenciales llevando a una clasificación de los genotipos como se describe en la Tabla 7 (Mujica et al., 2001).

Las características físicas de la planta varían de acuerdo a la variación de los genotipos, las condiciones ambientales, las cualidades del suelo, etc. La altura se encuentra entre los 30 y 300 cm. Las especies de mayor altura corresponden con los pisos térmicos más cálidos (Mujica et al., 2001).

La raíz es fibrosa y profunda, con bastantes ramificaciones que posiblemente contribuyen con la capacidad que tiene para resistir las sequías. La longitud guarda relación con la altura de la planta (Mujica et al., 2001).

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y se vuelve anguloso en las ramificaciones ya que las hojas se alternan. El grosor se va reduciendo al aumentar la altura desde la base

hasta el ápice. El grado de ramificación varía igualmente de acuerdo con los genotipos, existiendo variedades de tallo único. La coloración del tallo depende de las condiciones climáticas, la densidad de siembra y la disponibilidad de nutrientes (Mujica et al., 2001).

Tabla No.7: Usos de la quinua según el genotipo.

Genotipo	Uso
<i>Chullpi</i>	Sopas
<i>Pasankalla</i>	Tostado
<i>Coytos</i>	Harina
<i>Reales</i>	Pissara o graneado
<i>Utusaya</i>	Resistencia a la salinidad
<i>Witullas y Achachinos</i>	Resistencia al frío
<i>Kcancollas</i>	Resistencia a la sequía
<i>Quellus o amarillas</i>	Alto rendimiento
<i>Chewecas</i>	Resistencia al exceso de humedad
<i>Ayaras</i>	Alto valor nutritivo (alto balance de aminoácidos esenciales y proteína)
<i>Ratuquis</i>	Precocidad

FUENTE: Mujica et al., 2001.

La epidermis del tallo es cutinizada, es decir, que la cutícula es lisa o estriada, la corteza es firme y compacta, con membranas celulósicas. En el interior se encuentra una médula que va desapareciendo al avanzar la madurez, quedando seca, esponjosa y vacía. El tallo es rico en pectina y celulosa, lo que lo hace apto para la fabricación del papel y cartón. El diámetro también es variable según el genotipo, la densidad de siembra, la fertilización, condiciones de cultivo, encontrándose en un rango entre 1 y 8 cm (Mujica et al., 2001).

Las hojas son alternas, están compuestas por peciolo y lámina, el peciolo es largo, fino y acanalado en la parte superior, con longitud variable dentro de la misma planta. La lámina es polimorfa, con forma de rombo, triangular o lanceolada, ondulada o plana; puede ser algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio que pueden ser de colores rojo, púrpura o cristalino en el haz y en el revés. Estos cristales de oxalato son bastante higroscópicos lo que les permite cumplir varias funciones que contribuyen al bienestar de la planta: captan la humedad atmosférica en la noche y en el día controlan la transpiración por humedecimiento de las células de los estomas; reflejan la luz reduciendo la radiación directa sobre las hojas y evitando el calentamiento. Las hojas pueden tener bordes dentados, aserrados o lisos, dependiendo de los genotipos. La forma y el tamaño de las hojas difieren según la posición en la planta, disminuyendo con la altura, en la parte superior se pueden observar pequeñas hojas lanceoladas y en la inferior, se encuentran hojas grandes de forma romboidal o triangular. Pueden medir hasta 15 cm de largo y hasta 12 cm de ancho. El color de las hojas puede ser variable de verde a rojo con tonos intermedios. Se han encontrado pigmentos rojos, púrpuras y amarillos asociados con betalainas, betacianinas y betaxantinas (Mujica et al., 2001).

La planta puede poseer inflorescencias o flores. Las inflorescencias son racimos conformados por un eje central, con otros ejes secundarios y terciarios que sostienen los glomérulos y la disposición de las flores. Dependiendo del desarrollo del eje central el racimo puede ser flexible o compacto. La longitud del racimo varía según los genotipos, el tipo de quinua, lugar de crecimiento y condiciones del suelo, desarrollando entre 30 y 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro. El número de glomérulos por panoja varía

entre 80 y 120. El número de semillas por racimo puede estar entre 100 y 3000 (Mujica et al., 2001).

La planta de quinua presenta frutos que son aquenios que se derivan de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral. Tienen forma cilíndrico-lenticular, con un pequeño ensanchamiento hacia el centro. En la zona ventral de los aquenios se puede observar una cicatriz producto de la inserción del fruto en el receptáculo floral. Está compuesto por el perigonio que rodea la semilla completamente. Sólo contiene una semilla cuyo color puede variar, con un diámetro de 1,5 a 4 mm. La semilla se desprende fácilmente en estado de madurez aunque en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla, lo cual dificulta el proceso de selección. El contenido de humedad del fruto es de 14,5% en el momento de la cosecha. En la mayoría de los genotipos el fruto es seco e indehisciente, dejando caer las semillas cuando se llega a la madurez en las plantas silvestres (Mujica et al., 2001).

La semilla constituye el fruto maduro sin el perigonio. Tiene forma de lenteja, elipse, cono o esfera, presentando tres partes bien definidas: la episperma, el embrión y el perisperma. La episperma se encuentra conformada por cuatro capas: la más externa que se desprende al frotarla, tiene una superficie rugosa y quebradiza, y contiene la mayor proporción de saponina que le confiere el sabor amargo al grano; la segunda capa es delgada observándose solamente cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de color amarillo, delgada y opaca; la cuarta capa es translúcida constituida por un solo estrato de células. El embrión constituye el 30% del volumen total de la semilla, está formado por dos cotiledones y la radícula, envuelve el perisperma y es de color amarillento. El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido por granos de almidón. Representa aproximadamente el 60% de la superficie de la semilla (Mujica et al., 2001).

3.2.1 Valor Nutritivo. En la Tabla 8 se presenta el perfil nutricional de la quinua comparado con otros pseudocereales y cereales de alto consumo, donde se observa que el aporte de energía es similar al del arroz. Tiene un valor superior en proteína, grasa y en minerales como el fósforo, magnesio, potasio, hierro y zinc.

Tabla 8: Perfil nutricional de la quinua comparado con otros cereales.

	Quinua ^a	Amaranto ^b	Trigo ^a	Arroz ^a	Maíz ^a
Valor energético Kcal/100g	350,00	-	305,00	353,00	338,00
Proteínas g/100g	13,81	16,5	11,50	7,40	9,20
Grasa g/100 g	5,01	5,7	2,00	2,20	3,80
Hidratos de Carbono g/100g	59,74	61,4	59,40	74,60	65,20
Agua g/100g	12,65	9,6 ^c	13,20	13,10	12,50
Ca mg/100g	66,60	180,1	43,70	23,00	150,00
P mg/100g	408,30	-	406,00	325,00	256,00
Mg mg/100g	204,20	279,2	147,00	157,00	120,00
K mg/100g	1040,00	-	502,00	150,00	330,00
Fe mg/100g	10,90	9,2	3,30	2,60	-
Mn mg/100g	2,21	-	3,40	1,10	0,48
Zn mg/100g	7,47	1,6	4,10	-	2,50

FUENTE: ^aMujica et al., 2001; ^bÁlvarez-Jubete et al., 2010; ^cCai et al., 2004.

3.2.1.1 Carbohidratos. El contenido de almidón en los granos de quinua varía entre 51% y 61% y se conforma de gránulos pequeños uniformes de 3 µm de diámetro (Atwell et al., 1983). Koziol (1992) encontró un valor similar para el contenido de almidón (52-60% del peso del grano) y también una variación en el tamaño de los gránulos, entre 0.7 y 3.2 µm. El almidón de quinua tiene el potencial para ser usado en aplicaciones industriales especializadas debido al tamaño de los gránulos y su alta viscosidad (Galwey et al. 1990). El almidón de quinua muestra un arreglo cristalino tipo A y gránulos anulares poligonales (Wright et al., 2002). El almidón se gelatiniza a una temperatura entre 55.5°C y 72.0°C (Bacigalupo y Tapia, 1997) y muestra hinchazón de un etapa en el rango de temperatura entre 65°C y 95°C (Bhargava et al., 2006).

Los análisis cuantitativos del harina de quinua y su comparación con otros cereales muestran que la harina de quinua presenta azúcares libres como glucosa (4,55%, fructosa (2,41%) y sucrosa (2,39%) (González et al., 1989). Ogungbenle (2003) evaluó el contenido de azúcar y la composición química de la harina de quinua, estableciendo que existen altas proporciones de D-xilosa (120 mg/100 g) y maltosa (101 mg/100 g), y bajos contenidos de glucosa (19 mg/100 g) y fructosa (19,6 mg/ 100 g).

El índice glucémico o glicémico es una medida de la respuesta postprandial de glicemia en comparación con un alimento de referencia (Ettinger, 2001). Varios estudios han confirmado la reproducibilidad del índice glicémico y que este es previsible dentro del concepto de comidas mixtas y de utilidad clínica en el control alimentario de la diabetes y la hiperlipidemia (Brand Miller (1994), citado por Ettinger (2001)). La quinua puede considerarse como un alimento nutracéutico gracias a los efectos benéficos sobre la hiperglucemia y la reducción de ácidos grasos libres (Guzmán y Paredes, 1998). Estudios hechos con pacientes celíacos mostraron que aquellos que consumieron quinua presentaron un índice glicémico más bajo que aquellos que consumieron pan y pasta libre de gluten. Además la quinua indujo niveles más bajos de ácidos grasos libres en los pacientes que consumían quinua que aquellos que consumían pasta libre de gluten y las concentraciones de triglicéridos eran significativamente más bajas comparada con los valores hallados en pacientes que consumieron pan libre de gluten (Berti y col., 2004). Estos estudios abren camino para más investigaciones sobre el consumo de productos hechos a base de quinua y su influencia en el índice glucémico (Gutiérrez, 2011).

3.2.1.2 Cenizas. El contenido de ceniza (3.4%) (Cardozo y Tapia, 1979) es mayor que el del arroz (0,5%), el trigo (1.8%) y el de otros cereales tradicionales. Los granos de quinua tienen un buen contenido de minerales como calcio, hierro, zinc, cobre y manganeso (Repo-Carrasco et al., 2003). Los contenidos de calcio y hierro son significativamente mayores que en la mayoría de los cereales usados comúnmente (Tabla 8). Ruales y Nair (1992) también reportaron importantes cantidades de hierro (81 mg/kg) y calcio (874 mg/kg) en la quinua. Se ha encontrado cerca de 0.26% de magnesio en comparación con un 0.16% en el trigo y 0.14% en el maíz (Bhargava et al., 2006).

3.2.1.3 Fibra. Los granos tienen un contenido de fibra promedio de 4.1% en un rango entre 1.1 y 16.32 (Cardozo y Tapia, 1979). De Bruin (1964) reportó 3.4% de contenido de

fibra que es mucho mayor que el del arroz (0.4%), el trigo (2.7%) y el maíz (1.7%) (Bhargava et al., 2006).

3.2.1.4 Proteína. El importante valor de la quinua como planta alimenticia radica en que el grano, las hojas y las inflorescencias son fuentes de proteínas de buena calidad (Ayala et al., 2001). La importancia de las proteínas de las especies andinas de quinua se basa en su calidad. El grano es rico en los aminoácidos lisina y azufrados, lo que le da ventaja con respecto a otros granos. Las proteínas de la quinua radican principalmente en la albúmina y la globulina que tienen una composición balanceada de aminoácidos similar a la composición de la caseína que es la proteína de la leche (Repo-Carrasco, et al., 2003). Es posible que algunas sustancias interfieran con la disponibilidad biológica de los nutrientes, como puede ser el caso de las saponinas (Ayala et al., 2001). El contenido de proteína en el grano oscila desde 7.47% a 22.08% con un promedio de 13,81% (Cardozo y Tapia, 1979). Wright et al. (2002) reportaron contenidos de proteína de 14.8% y 15.7% en quinua dulce y amarga, respectivamente. La albúmina y las globulinas constituyen la mayor fracción (44 – 77% del total de proteína) mientras que el porcentaje de prolaminas es más bajo (0.5 – 0.7%) (Koziol, 1992). La calidad de las proteínas del grano de quinua es superior a la de la mayoría de los cereales incluyendo el trigo. El contenido de aminoácidos esenciales en la quinua es mayor que en los cereales comunes (Ruales y Nair, 1992; Wright et al., 2002; Bhargava et al., 2006). En la Tabla 9 se muestra una comparación del contenido de aminoácidos esenciales en quinua, junto con los requerimientos sugeridos por la FAO/OMS (1985) para niños y adultos, de acuerdo a una recomendación de ingesta diaria de proteína de 0.99 g/kg de peso para niños y 0.75g/kg de peso para adultos por día. Se observa que el contenido de cada aminoácido esencial en quinua puede cubrir los requerimientos (Friedman y Brandon, 2001).

Tabla 9: Contenido de aminoácidos esenciales en mg/g de proteínas en quinua y recomendaciones de la FAO/OMS por grupo etario.

Aminoácidos	Quinua ^a	Requerimientos sugeridos FAO/OMS ^b		
		2-5 años	10-12 años	Adulto
Histidina	28,8	19	19	16
Isoleucina	35,7	28	28	13
Leucina	59,5	66	44	19
Lisina	54,2	58	44	16
Metionina y Cisteína	36,2	25	22	17
Fenilalanina y Tirosina	60,9	63	22	19
Treonina	29,8	34	28	9
Triptofano	11,4	11	9	5
Valina	42,1	35	25	13

Fuente: ^aFAO/OMS (1985). ^bFriedman y Brandon (2001).

Otro índice de la calidad biológica de las proteínas es la digestibilidad. La digestibilidad de las proteínas del huevo, la leche y la carne es cercana al 100%. Los cereales y las leguminosas debido a su contenido de fibra presentan una digestibilidad menor. Se estima

que la digestibilidad de la quinua es aproximadamente 80%. La calidad de la proteína de quinua mejora después del tratamiento térmico (cocción), obteniéndose una mejor concentración de aminoácidos. Los procesos que utilizan calor seco, como el tostado y el expandido, pueden disminuir notablemente la disponibilidad de lisina, que es termolábil y además puede reaccionar con otros componentes del grano como por ejemplo, si ocurre la reacción de Maillard, disminuyendo su biodisponibilidad (Meyhuay, 2000).

En la Tabla 10 se muestran los valores de los índices de calidad proteica para la sémola de quinua y caseína (Guzmán y Paredes, 1998). Los índices de calidad de la quinua son comparables con los de la caseína por tener valores cercanos. El PER (Protein Efficiency Ratio) de la quinua alcanza el de la caseína al cocinarse. Se puede decir que el índice de digestibilidad es el mismo de la caseína con una asimilación alrededor del 92% (Gutiérrez, 2011).

Tabla 10: Índices de calidad proteica para sémola de quinua y caseína.

Característica	Quinua	Caseína
Coeficiente de Calidad Proteica (PER) ¹		
Cruda	1.95 – 2.33	2.5
Cocida	2.5	ND
Coeficiente Proteico Neto (NPR)		
Cruda	2.91	3.67
Utilización Proteica Neta (NPU) (%)		
Cruda	75.7	94.7 – 96.0
Digestibilidad Proteica (%)		
Cruda	91.7 – 92.1	92.0
Valor Biológico de la Proteína (%)		
Cruda	82.6	95.0 – 97.1

¹ Ajustado

ND: No Disponible

Fuente: Guzmán y Paredes (1998).

De acuerdo con López de Romana et al. (1981), la digestibilidad de las proteínas puede incrementarse con un adecuado tratamiento térmico y la digestibilidad de las semillas de quinua es el factor limitante en la utilización de las proteínas, lo que puede mejorar con el proceso de molienda. En el estudio de Lorenz y Coulter (1991) se evaluó el contenido de proteína en productos extruidos de sémola de maíz y diferentes niveles de quinua, encontrando que estos tenían un contenido mayor comparado con el de productos extruidos a base de sémola de maíz al 100%. Lo anterior sugiere que el procesamiento del grano de quinua contribuye a mejorar su aporte nutricional y a que su inclusión en la dieta es favorable (Gutiérrez, 2011).

3.2.1.5 Lípidos. La quinua se conoce también como una pseudo-oleaginosa (Cusack, 1984) debido al excepcional balance de grasas, aceite y proteína. El perisperma, el embrión y el endospermo son los sustratos de reserva de alimento de la semilla (Prego et al., 1998). El almidón se almacena en el perispermo, y los lípidos y la proteína en el endospermo y el embrión (Bhargava et al., 2006). Varios estudios han revelado que el contenido de aceite en el grano de quinua oscila entre 1.8% y 9.5% con un promedio entre 5.0% y 7.2%, que es mayor que el del maíz (3 – 4%) (Mounts y Anderson, 1983). El

aceite de quinua es rico en ácidos grasos esenciales como el linoléico y el linolénico (Koziol, 1990). Repo-Carrasco et al. (2003) reportaron un contenido de 26.0% de ácido oleico, 48% de ácido linoléico y 9.59% de ácido palmítico, en un estudio realizado sobre la variedad *Huancayo*. De acuerdo con el índice de yodo obtenido en el mismo estudio, el 82.7% de los ácidos grasos del aceite de quinua, son insaturados. Dada la alta calidad de este aceite y el hecho de que algunas variedades muestran concentraciones de grasa superiores al 9.5%, la quinua se considera como una nueva potencial oleaginosa (Koziol, 1993) (Bhargava et al., 2006). La Tabla 11 presenta el perfil de los ácidos grasos más representativos en quinua.

Tabla 11: Perfil de ácidos grasos más representativos de la quinua.

Ácidos Grasos	Fórmula	Quinua
<i>Saturados</i>		
Mirístico	C14:0	0.1 – 2.4
Palmítico	C16:0	9.2 – 11.1
Esteárico	C18:0	0.6 – 1.11
<i>Monoinsaturados</i>		
Miristoleico	C14:1	1
Palmitoleico	C16:1	0.2 – 1.2
Oleico	C18:1	22.8 – 29.5
<i>Poliinsaturados</i>		
Linoleico	C18:2 (n – 6)	48.1 – 52.3
Linolénico	C18:3 (n – 3)	4.6 - 8

FUENTE: Masson y Mella, 1985.

La actividad antioxidante de la quinua puede ser de particular interés debido a que se ha encontrado que tiene concentraciones importantes de antioxidantes naturales como el α -tocoferol (5.3 mg/100 mg) y el γ -tocoferol (2,6 mg/100 g) (Ruales y Nair, 1992). Repo-Carrasco et al. (2003) reportaron las concentraciones de α - y γ -tocoferol como 721.4 ppm y 797.2 ppm, respectivamente. Los tocoferoles existen en cuatro isómeros diferentes cuyo poder antioxidante decrece en el orden $\delta > \gamma > \beta > \alpha$ (Repo-Carrasco et al., 2003).

3.2.1.6 Vitaminas. Ruales y Nair (1992) reportaron cantidades apreciables de tiamina (0.4 mg/100 g), ácido fólico (78.1 mg/100 g) y vitamina C (16.4 mg/100 g). Koziol (1992) reportó contenidos de riboflavina y caroteno con valores de 0.39 mg/100 g para las dos vitaminas. En una porción comestible de 100 g, la quinua proporciona 0.20 mg de vitamina B₆, 0.61 mg de ácido pantoténico, 23.5 μ g de ácido fólico y 7.1 μ g de biotina (Koziol, 1992). Repo-Carrasco et al. (2003) encontraron que la quinua es rica en vitaminas A, B₂ y E.

3.2.2 Saponinas. Las saponinas son el factor principal antinutricional presente en la cáscara del grano de quinua. El contenido de saponina en la semillas de los genotipos dulces varía entre 0.2 y 0.4 g/kg en base seca y en los genotipos amargos, entre 4.7 y 11.3 g/kg en base seca (Masterbroek et al., 2000). Las saponinas en la quinua son básicamente triterpenoides glicosídicos donde la glucosa constituye cerca del 80% del peso. El ácido oleanólico era conocido como la principal sapogenina (Burnouf-Radosevich

y Delfl, 1984) pero en un estudio adelantado por Jacobsen et al. (2000) describieron varias saponinas, algunas de las cuales no habían sido aisladas con anterioridad como los ácidos fitolaccagénico y espergulagénico, y hederagenina (Repo-Carrasco et al., 2003). La quinua puede clasificarse de acuerdo a la concentración de saponina como dulce (libre o con contenido menor a 0.11% saponinas libres) o amarga (con contenido mayor a 0.11%) (Koziol, 1993).

Las saponinas tienen una gran importancia industrial utilizándose en la preparación de jabones, detergentes, champús, cerveza, extintores, en la industria fotográfica, cosmética y farmacéutica (Johnson y Ward, 1993). Tienen la capacidad de inducir cambios en la permeabilidad intestinal (Johnson et al., 1986; Gee et al., 1989), lo que contribuye a la absorción de medicamentos particulares (Basu y Rastogi, 1967). Las saponinas también son conocidas por tener un efecto reductor sobre los niveles de colesterol en la sangre (Oakenfull y Sidhu, 1990). Las investigaciones han demostrado que las saponinas de la quinua tienen el potencial de servir con adyuvantes para las vacunas administradas en las mucosas (Estrada et al., 1998). Al observar el potencial farmacéutico de las saponinas, se deben enfocar los esfuerzos en emplear las saponinas de la quinua para este último propósito (Barghava et al, 2006).

3.2.3 Usos de la quinua. La quinua tiene un potencial agronómico importante debido a su capacidad de adaptación para producir altos rendimientos bajo condiciones adversas (Wilson, 1985). Algunos países europeos como España están estudiando su adaptación a los climas mediterráneos (Herencia et al., 1999) y otros como Dinamarca y Finlandia están interesados en el cultivo (Jacobsen et al., 1994; Carmen, 1984; Vilche et al., 2003).

La quinua tiene varias aplicaciones y formas de aprovechamiento, siendo posible emplear casi todas las partes que componen la planta, descritas anteriormente. Las principales aplicaciones son la alimentación humana y animal (forraje y concentrados), ornamental, medicinal, control de plagas y parásitos que afectan a los animales domésticos, industrialmente como combustible, como tutor en siembras asociadas, fabricación de sebos para control de roedores; igualmente se menciona su utilidad para aclimatar ganado vacuno y evitar enfermedades en pollos, pavos, canarios y palomas (Mujica et al., 2001).

En la alimentación humana, los granos se usan directamente en diferentes platos gastronómicos, después de haber sido tratados para eliminar el sabor amargo causado por la presencia de saponina. Las semillas germinadas también se utilizan a nivel gastronómico principalmente en la comida vegetariana. Actualmente, se está utilizando como ingrediente de productos tipo granola para el desayuno, en reemplazo de hojuelas de trigo, al igual que en expandidos y extruidos. Las hojas y las plántulas tiernas se pueden utilizar como reemplazo de las hortalizas de hoja tales como la acelga y la espinaca, en ensaladas, cremas y sopas. La forma de las inflorescencias permite su utilización en reemplazo de verduras como el brócoli o la coliflor (Mujica, 2001). El grano también se puede fermentar para elaborar cerveza (Galwey, 1989). En Perú y Bolivia, se producen comercialmente hojuelas, tortillas, panquecas y expandidos (Popenoe et al., 1989).

La harina de quinua, altamente nutritiva, puede usarse como suplemento proteínico en harina de trigo, comúnmente usada para consumo humano en la India (Bhargava et al, 2006). La harina de quinua es pobre en gluten debido al bajo contenido de prolaminas y glutaminas (Herencia et al., 1999). Usualmente se usa para enriquecer la harina leudante en la preparación de bizcochos, pastas y pasteles, y para la preparación de alimentos horneados para mantener la humedad y darle un sabor agradable (Vilche et al., 2003).

El almidón de quinua es adecuado para la emulsión de productos alimenticios (Ahamed et al. 1996). La harina de las semillas tiene un buen desempeño como gelificante y buena capacidad de absorción de agua, como emulsificante y estabilizante (Oshodi (1999); Bhargava et al. (2006)).

En la alimentación animal, la planta completa en estado fresco se puede utilizar como forraje verde para la alimentación de ganado vacuno, porcino y aves de corral, también es posible el ensilaje y la elaboración de pellets, concentrados y suplementos alimenticios. Los granos hervidos sirven para la alimentación de aves. Los granos germinados son muy útiles para aumentar la producción de leche en el ganado vacuno (Mujica et al., 2001).

La variedad de colores y las formas de las inflorescencias de la planta de quinua, la hacen una alternativa ornamental para jardines y parques. Las panojas secas y grandes también se pueden usar en floreros para decoración de interiores teniendo la ventaja de tener una larga duración (Mujica et al., 2001).

A nivel medicinal la quinua se ha utilizado para diferentes propósitos por los nativos de los Andes, tratando afecciones del hígado, fiebre, dolores, hemorragias, luxaciones, trastornos estomacales, entre otros, ya que se han observado varias propiedades terapéuticas como cicatrizante, analgésico, desinflamante, diurético, repelente y vermífugo (Mujica et al., 2001).

Como productos industriales se pueden obtener alcohol industrial, saponina, quinoína, ácido quinoico, cartón a partir de celulosa, almidón de buena calidad, harina, aceite, etc. (Mujica et al., 2001).

3.2.4 Cosecha. La cosecha cuando se realiza de forma manual, consta de las etapas de siega o corte, emparvado o formación de arcos, trilla, aventado y limpieza del grano, secado, selección, envasado y almacenamiento. La siega o corte se realiza cuando las plantas alcanzan la madurez fisiológica. El emparvado consiste en formar parvas o montículos con las panojas con el fin de reducir el nivel de humedad necesario para la trilla. Las plantas se dejan en las parvas durante 7 a 15 días protegidas de las lluvias, granizo o nevadas. En la trilla las panojas se sacan de la parva y se extienden sobre mantas donde se golpean rítmicamente sobre el suelo en forma ordenada para desprender el grano de la inflorescencia. El propósito del aventado es separar el grano de los fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas, utilizando las corrientes de aire naturales. La etapa de secado es necesaria para que el producto sea comercialmente apropiado permitiendo su adecuada conservación en el almacenamiento. Los granos en el momento de la trilla tienen entre 12 y 15% de humedad. El secado homogéneo se consigue exponiendo los granos al sol y removiéndolos. Se considera que el grano está seco cuando alcanza un porcentaje de

humedad máximo del 10%. Los granos se deben seleccionar y clasificar de acuerdo al tamaño y para retirar los que no han alcanzado la madurez. Los granos pequeños se muelen para obtener productos como la harina, a partir de los granos medianos se obtiene la sémola, hojuelas, expandidos, 'pop quinua' y otros usos en los que el grano entero no es visible; los granos grandes se comercializan perlados. El contenedor de almacenamiento debe ser metálico ya que los envases de plástico facilitan la conservación de la humedad (Mujica, 2001).

3.2.5 Molienda. El objetivo de la molienda es convertir los granos de quinua procesada en harina que puede ser empleada en panadería, galletería, pastas, pastelería, etc. y los subproductos obtenidos que son empleados en la alimentación animal. Antes de la molienda, el grano debe pasar por una limpieza para eliminar impurezas. Luego debe ser acondicionado para que tenga una humedad máxima de 14%. El acondicionado puede efectuarse mediante un secado o un tostado, con lo que se obtendrá como producto una harina cruda y una harina tostada, respectivamente. Mediante el acondicionado se simplifica la operación de la molienda, facilitando la extracción del salvado y mejorando la calidad panadera de la harina (Meyhuay, 2000).

Entre los tipos de molinos más usados a nivel rural están los molinos de piedra y los molinos de martillo. A nivel industrial se usan también molinos de discos. En el molino de piedra se utilizan dos piedras circulares, siendo la inferior fija y la superior giratoria. Las superficies se hallan estriadas radialmente, de modo que cuando gira la piedra superior se produce un efecto de corte sobre el grano. La piedra superior se puede ajustar subiendo o bajando, variando la finura de la molienda según el tipo de harina que se requiera. En el molino de martillos ocurre un proceso de reducción y degradación del grano procesado. Comparando ambos tipos, la mayor extracción durante la molienda se obtiene a partir de un molino de martillos. En los molinos de piedra no se logra una alta extracción debido a que durante la salida, una parte del producto se encuentra en rotación, arrastrado durante la molturación, lo que dificulta su extracción (Meyhuay, 2000).

En la Tabla 12 se observa que las fracciones de mayor granulometría (aquellas con mayor cantidad de cáscara) tienen mayor porcentaje de proteínas, grasas, fibras y cenizas, pero menos carbohidratos. Se explica porque en la primera capa (episperma) se concentra la mayor cantidad de estos compuestos químicos del grano y en la parte interna (perisperma) se encuentran los almidones en mayor proporción. La grasa proveniente del embrión se distribuye casi uniformemente en las tres fracciones en la variedad Sajama, pero es mayor en el afrecho de la variedad Kancolla (Meyhuay, 2000).

3.2.6 La quinua en Colombia. Las principales zonas de producción son Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Cauca, siendo Nariño el departamento con mayor tradición en su cultivo con el 50% de la producción total (UN – MADR, 2005).

En las décadas de los 1970 y 1980, la Universidad Nacional de Colombia efectuó introducciones provenientes del Perú y de Bolivia, con las cuales se constituyó una colección de más de 1.000 entradas, las cuales fueron probadas en su mayoría en las condiciones de la Sabana de Bogotá y en zona de altura, por encima de los 2.700 msnm,

bajo el proyecto "Posibilidades de readaptación de la quinua en Colombia" (Herrera, 1980; Uribe y Viña, 1981; Montoya y Roa, 1985 y Piñeros, 1987; Reyes y Corredor, 2003).

Tabla 12: Composición química de las diferentes fracciones obtenidas en la molienda de dos variedades de quinua.

Análisis bromatológico	Kancolla			Sajama		
	Afrecho	Harina gruesa	Harina fina	Afrecho	Harina gruesa	Harina fina
Humedad	11,88	12,20	12,34	8,99	9,11	9,67
Proteína	14,25	11,61	7,70	13,80	13,85	11,50
Grasas	7,70	6,32	4,30	5,70	5,82	5,50
Fibra	4,50	2,02	0,69	2,80	2,32	1,20
Cenizas	3,30	2,41	1,50	2,20	2,15	1,80
Carbohidratos	58,37	65,41	73,47	66,60	66,73	70,3

Fuente: Moreyra et al. (1976) citado por Meyhuay, 2000.

Otras investigaciones realizadas han evaluado su uso en la alimentación de codornices (Nossa y Garzón, 1976), el efecto de la expansión y la texturización sobre su valor nutritivo (Romero, 1978), la caracterización fisicoquímica de variedades para la selección de genotipos (Ballón, 1981), la evaluación de sistemas de extracción de saponinas del grano (Cruz y Gallego, 1982), así como el efecto de la posible actividad insecticida del extracto de granos de quinua sobre *Sitophilus oryzae* en granos almacenados (Jiménez, 1995; Reyes y Corredor, 2003).

Otros estudios se orientaron al diseño y construcción de un modelo de prueba de una máquina trilladora de quinua (Parra y Herrera, 1986), con el fin de contribuir a la poscosecha. Otros trabajos relacionados con el uso de quinua como forraje han portado resultados excelentes (Fonseca y Calderón, 1986; Reyes y Corredor, 2003).

En la década de los 1990, se reinició la investigación en el uso de harinas compuestas, para sustituir harina de trigo por harina de quinua en los procesos de panificación, galletería y pastelería, obteniéndose resultados promisorios (Romero y Corredor, 1995). Se realizó la evaluación del comportamiento agronómico de las variedades Ecuatorianas de quinua *Ingapirca* y *Tunkahuan*, en condiciones de la Sabana de Bogotá, obteniéndose un mejor comportamiento de la variedad *Ingapirca* (Reyes y Corredor, 2003).

En la Universidad de Nariño se han llevado a cabo estudios sobre la evaluación de varios genotipos de quinua dulce en diferentes municipios (Delgado et al., 2009) incluyendo la transferencia tecnológica (Insuasty, 2008). También se ha evaluado su inclusión en alimentos para animales como lechones lactantes y codornices (Maigual et al. 2006; Garcés, A. 2008).

En la Universidad del Cauca se ha estudiado el potencial nutricional de harinas de quinua (Romo et al. 2006). Vélez et al. (1994) realizaron un estudio químico de la quinua y las factibilidades geográficas para su producción en el departamento del Cauca. También se elaboraron pastas enriquecidas con harina de quinua como alternativa para el aprovechamiento industrial de la quinua (Astaiza et al., 2010).

3.3 EFECTO SOBRE MARCADORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR

De acuerdo con los estudios de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Enfermedad Cardiovascular se considera un problema de salud pública debido a que es la primera causa de mortalidad al ocasionar 17 millones de muertes al año en el mundo. También es una causa de morbilidad al generar en promedio 32 millones de eventos coronarios y accidentes cerebro-vasculares a nivel mundial. Se considera que una gran proporción de la población se encuentra en riesgo cardiovascular debido al padecimiento de enfermedades como la hipertensión arterial, obesidad, diabetes o hiperlipidemia, lo que se suma a hábitos inadecuados como el tabaquismo, el alcoholismo, el sedentarismo y el consumo de dietas hipercalóricas (WHO, 2000). En Colombia, las muertes por enfermedades cardiovasculares representan el 29.3% del total en el año 2005 (DANE, 2005).

La OMS adoptó en 2004 la Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud con el fin de dar directrices para la implementación de medidas de acción para la prevención de las enfermedades no transmisibles como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y la obesidad, entre otras (OMS, 2004). En la Estrategia se reconoce que uno de los factores que inciden en la génesis de estas enfermedades es el nutricional, por lo que ha surgido la necesidad de adelantar investigaciones de la ingesta dietética con alimentos que introducen ingredientes o materias primas de alto valor nutricional, que puedan beneficiar la salud humana al favorecer los procesos metabólicos, en función de evidencias que demuestren la relación entre la causalidad entre el consumo de alimentos y los factores de protección o riesgo para enfermedades crónicas (Oviedo, 2006).

La evaluación del estado nutricional se logra mediante la obtención sistemática de información integrada de indicadores directos e indirectos del estado nutricional (Lares, 2011). Entre los indicadores directos del estado nutricional se encuentra los antropométricos que presentan ventajas como la valoración del estado nutricional en función del tiempo, requieren equipos económicos y su técnica es segura, precisa, exacta y no invasiva. Se incluyen es estos valores como la dimensión y composición corporal (Velazco, 2009).

Las pastas industrializadas se han catalogado culturalmente como alimentos que pueden incrementar los niveles de glucosa en la sangre, incluso más que el pan, el arroz y las papas. Sin embargo, la sémola de trigo con la que se elabora la pasta es una materia prima no refinada, contrario a la harina de trigo con la que se labora el pan, lo que puede suponer que la respuesta glicémica podría ser menor que la del pan (Hirsch et al. 2010).

El índice glicémico es una clasificación de los alimentos que se basa en la respuesta postprandial de la glucosa en sangre, comparada con un alimento de referencia que puede ser el pan blanco o una solución de glucosa (Wolever et al., 1986). Al consumir cantidades isoglucídicas de alimentos que contienen carbohidratos, se produce una respuesta glicémica diferente de acuerdo con la composición y las características fisicoquímicas del alimento tales como la proporción amilasa/amilopectina, la cantidad de fructosa, galactosa y fibra, inhibidores de α -amilasa, lectinas, fitatos, concentración de proteínas, grasas y la duración del procesamiento del alimento (Edes et al., 1998; Agustín

et al., 2002). Una dieta con un bajo índice glicémico se asocia con una menor demanda de insulina, mejor control de la glicemia y disminución de los lípidos sanguíneos en pacientes diabéticos (Jenkins et al. 2002; Pi Sunyer, 2002). La evaluación del índice glicémico debe ser realizada en pacientes sanos ya que permite medir la calidad de un producto alimenticio (Gattás et al. 2007). El control del índice glicémico puede ser una herramienta para mantener el control de peso de un individuo. Se ha demostrado en estudios a corto plazo que las dietas con un bajo índice glicémico y ricas en fibra, pueden retardar la sensación de apetito y, en consecuencia contribuir con la disminución del consumo energético.

Una dieta con un índice bajo ($\leq 70\%$) se considera saludable con relación a la prevención de la obesidad, diabetes tipo II y enfermedades cardiovasculares. En enfermos diabéticos, estas dietas permiten un mejor control glicémico disminuyendo la demanda de insulina y permitiendo un mejor manejo de los lípidos sanguíneos (Jenkins et al. 2002; Pi Sunyer, 2002).

El índice glicémico de un alimento depende principalmente de la velocidad de digestión ya que a mayor velocidad de digestión, mayor será el índice. La respuesta glicémica de un alimento puede variar por diferentes factores como lo son: el tipo de carbohidrato, la velocidad de vaciamiento gástrico, el contenido de agua, el pH, el tipo de fibra, el tiempo de cocción y la temperatura a la que se ingiere el alimento. La glucosa tiene el índice promedio más alto (138%) seguido de la maltosa (105%), la sacarosa (75%) y la fructosa, que es el carbohidrato de menor índice con 30%. Las preparaciones que desaceleran el vaciamiento gástrico por su contenido de grasa y proteínas, disminuyen el índice glicémico (Radulian et al. 2009).

4. METODOLOGÍA

4.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló en la Planta Piloto y en el Laboratorio de Análisis Físicoquímico del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA, en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

La evaluación de las propiedades mecánicas de la pasta cruda y cocida se realizó en el Laboratorio de Análisis Físicoquímico e Instrumental del Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos del ICTA, en la sede Bogotá. La evaluación de los parámetros de tiempo óptimo de cocción y liberación de almidón de calidad de la cocción se realizó en Enzipan Laboratorios S.A., en Bogotá. La evaluación sensorial se realizó en el Laboratorio de Alimentos del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. El análisis bromatológico se realizó en el Laboratorio de Bromatología en las Sedes Medellín y Bogotá. El análisis microbiológico se realizó en el Laboratorio de Análisis Microbiológico del Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos del ICTA en la sede Bogotá.

La evaluación nutricional se llevó a cabo en el Instituto de Endocrinología del Hospital Militar “Carlos Arvelo” y en el Laboratorio de Nuevas Tecnologías, del Instituto de Ciencia y Tecnología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela en Caracas, Venezuela.

4.2 METODOLOGÍA

4.2.1 Materias primas. Para la elaboración de las pastas se utilizó sémola de trigo y harinas integrales de quinua de las variedades Blanca Jericó y Aurora. Los aditivos utilizados fueron carboximetil celulosa y almidón de maíz pregelatinizado.

4.2.1.1 Sémola de trigo. La sémola de trigo fue adquirida a través del Sr. Pablo Caina (Anexo A).

4.2.1.2 Harina de quinua. Las harinas integrales de quinua de las variedades Blanca Jericó y Aurora eran provenientes del departamento de Boyacá, las cuales fueron provistas por la empresa Gema Ltda., vinculada al proyecto asociado. El proceso de obtención consistió en el secado del grano para su almacenamiento hasta un contenido de humedad entre el 10 y 12%. El proceso de desaponificación previo a la elaboración de la harina fue por vía húmeda mediante el lavado manual y posterior secado al sol. La molienda se llevó a cabo hasta obtener harina con tamaño de partícula de 0,5 mm (Tamiz No. 35 (US)). El análisis proximal se muestra en la Tabla 13, donde se observa que la harina de quinua Aurora tiene un porcentaje de humedad de 8.85% y la harina de quinua Blanca Jericó, 8.59% (Anexo B).

Tabla 13: Perfil nutricional de harina de quinua variedades Blanca Jericó y Aurora

Producto	Humedad	Grasa	Proteína	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
Aurora	8.85±0.16	5.22±0.19	9.41±0.56	1.44±0.15	2.00±0.04	81.94±0.34
Blanca Jericó	8.59±0.15	5.38±0.07	10.83±0.08	1.65±0.03	2.06±0.03	80.10±0.12

Fuente: Salazar et al. 2011

4.2.1.3 Aditivos. La carboximetil celulosa y el almidón de maíz pregelatinizados fueron adquiridos en CIMPA LTDA. Se utilizó la sal sódica de carboximetil celulosa de 99.5% de pureza, con una viscosidad entre 3000 y 5000 mP.s (Brookfield, 1%) y almidón de maíz modificado por pregelatinización (Anexos C y D).

4.2.2 Equipos. Para la elaboración de la pasta, se utilizó una Prensa Extrusora La Parmigiana (Modelo D35, Fidenza, Italia) para el mezclado/amasado y extrusión de la masa, y un secador directo de aire caliente prototipo artesanal con control de temperatura y sin control de flujo de aire y humedad relativa, disponibles en la Planta Piloto del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA.



(b)



(a)

Figura 1: Equipos. (a) Prensa Extrusora La Parmigiana. (b) Secador de aire caliente, Prototipo UN.

4.2.3 Pre-experimentación. Para conocer y determinar la operación de la extrusora y establecer la metodología de elaboración de la pasta se consultó al Ing. Becerra, Ingeniero Químico contratista de la empresa Gema Ltda., con experiencia en elaboración de pasta, diseño y construcción de equipos para procesamiento de pastas, quien recomendó realizar las mezclas de sémola de trigo y harina de quinua en seco en

proporción máxima de 70:30 (Sémola de trigo: Harina de quinua) (Figura 2a) con aproximadamente un 30% de agua. La temperatura recomendada de secado fue entre 35 y 60°C para un valor de humedad relativa entre 45 y 50%. Así mismo, indicó no empaclar en caliente la pasta para lo cual se debe dejar en reposo hasta que alcance la temperatura ambiente.



(a)

(b)

Figura 2: (a) Pre-mezcla en seco de sémola de trigo y harina de trigo (70:30). (b) Pasta obtenida en pre-experimentación a partir de sémola de trigo y harina de quinua (60:40).

Siguiendo estas indicaciones, se hicieron pruebas para 2000 g de mezcla seca en proporción 60:40, adicionando aproximadamente 850 g de agua, con un secado de 24 horas a 35°C. Bajo estas condiciones la pasta obtenida fue muy frágil, partiéndose con la simple manipulación (Figura 2b). Se realizaron otras pruebas con proporción 70:30 y 850 g de agua, sin embargo, no fue posible realizar la extrusión debido a que la humedad fue excesiva y se formó una masa que no pasaba al tornillo de extrusión (Figura 3a). Por lo anterior, se procedió a realizar una prueba de amasado agregando agua progresivamente a 100 g de mezcla sémola de trigo – harina de quinua para las proporciones 70:30 y 90:10, hasta obtener una masa granulada fina y uniforme con apariencia arenosa (Figura 3b). Los porcentajes óptimos de agua fueron de 26% y 25.4%, respectivamente. De esta forma se prepararon pastas con una menor fragilidad.

Se hicieron ensayos con dos boquillas, una para espagueti y otra para tallarín, observándose que los espaguetis obtenidos de aproximadamente 1,5 mm de diámetro eran muy frágiles a la manipulación y muy quebradizos, mientras que los tallarines obtenidos mostraron una mayor resistencia, por lo que se decidió utilizar esta boquilla (Figura 4).

Para determinar las condiciones de secado, se realizaron ensayos a una temperatura de 85°C durante 6 horas y a 55°C durante 16 horas (Figura 5), obteniéndose pastas menos frágiles y con mejor comportamiento en la cocción (menor pérdida de sólidos) con el secado de 55°C durante 16 horas; los resultados de estas pruebas preliminares no se presentan en este documento.



(a)



(b)

Figura 3: (a) Masa con exceso de humedad. (b) Masa con humedad adecuada.



(a)



(b)

Figura 4: Prueba con boquillas para espagueti y tallarín. (a) Pasta seca. (b) Prueba de cocción.

4.2.4 Elaboración de las pastas. Para la elaboración de la pasta, se hicieron premezclas en seco de sémola de trigo y harina de quinua, para una masa total seca por lote de 2000 kg. La mezcla seca se introdujo en la tolva de la máquina y se mezcló durante 4 minutos, después de los cuales se agregaron 680 g (25,4%) de agua ozonizada para la formulación 90:10 y 700 g (26%) para la formulación 70:30 (Sémola de trigo: harina de quinua, con base en la harina), respectivamente, lo que se amasó por 10 minutos en los cuales se obtuvo una masa homogénea, suelta, con gránulos pequeños y humedad aparentemente uniforme. Al cabo de estos 10 minutos, se inició la extrusión abriendo la compuerta inferior de la tolva y dejando pasar la masa al tornillo, dentro del cual alcanzó una temperatura promedio de 33°C, medida al final del tornillo.



(a)



(b)



(c)

Figura 5: Pruebas de cocción para evaluación del secado. (a) Pasta cocida y agua de cocción, con 30% de harina de quinua, secada a 55°C durante 16 horas. (b) Pasta cocida y agua de cocción, con 30% de harina de quinua, secada a 85°C durante 6 horas. (c) Pastas cocidas y agua de cocción, con 10% de harina de quinua, secadas a 55°C por 16 horas y a 85°C por 6 horas.

Las pastas fueron secadas a 55°C durante 16 horas, de acuerdo con la pre-experimentación. Después del secado las muestras se dejaron enfriar durante por lo menos 6 horas hasta alcanzar la temperatura ambiente para luego ser empacadas en bolsas plásticas con cierre hermético en cantidades entre 250 y 300 g (Figura 6). El flujograma de proceso se muestra en la figura 7.



(a)



(b)

Figura 6: Pasta seca. (a) Pasta en bandeja de secado sin empacar. (b) Pasta seca empacada.

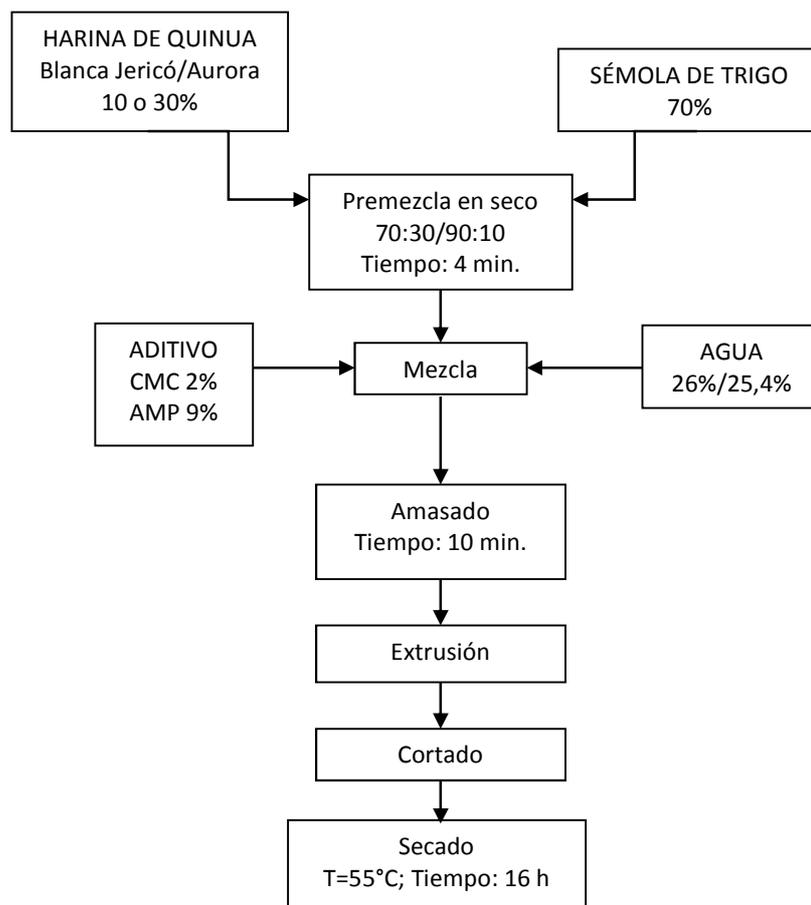


Figura 7: Diagrama de flujo para la elaboración de muestras de pasta.

4.2.5 Distribución del ensayo. El estudio se realizó dentro de un diseño experimental Completamente al Azar, en condiciones de laboratorio con arreglo factorial 2x2x3 con 3 repeticiones, para ver el efecto de las dos variedades de quinua, dos grados de sustitución de harina de quinua y la ausencia y adición de dos agentes estructurantes sobre las variables de evaluación de calidad antes, durante y después de la cocción, como se muestra en la Tabla 14.

Este arreglo dio lugar a 12 tratamientos que se presentan en la Tabla 15, los cuales se encuentran codificados indicando la variedad de quinua y el aditivo utilizado. La combinación QJ indica que se utilizó harina de quinua variedad Blanca Jericó; QA indica que se utilizó harina de quinua variedad Aurora. Seguidamente se encuentra la letra C que indica que se adicionó carboximetil celulosa y la letra A indica que se adicionó Almidón de Maíz Pregelatinizado. Por último se encuentra un número que corresponde a uno de cuatro lotes en los que se utilizó el mismo aditivo. Los primeros cuatro tratamientos de la Tabla 15 fueron el control absoluto.

Tabla 14: Distribución del ensayo de elaboración de pastas de quinua sustituida con quinua y adición de CMC y Almidón de Maíz Pregelatinizado.

Mezcla 1	Sémola de Trigo + Quinua Blanca de Jericó					
Proporción	70:30			90:10		
Aditivo	Sin aditivo	CMC	AMP	Sin aditivo	CMC	AMP
Mezcla 2	Sémola de Trigo + Quinua Aurora					
Proporción	70:30			90:10		
Aditivo	Sin aditivo	CMC	AMP	Sin aditivo	CMC	AMP

CMC: Carboximetil celulosa

AMP: Almidón de maíz pregelatinizado

4.2.6 Composición bromatológica. El análisis bromatológico se realizó en el Laboratorio de Bromatología de las Sedes Medellín y Bogotá, bajo las siguientes metodologías:

- Cenizas: Incineración directa (AOAC 942.05)
- Fibra Cruda (Weende) (Basado en NTC 668)
- Grasa: Extracción Soxhlet (Basado en NTC 668)
- Humedad y otras materias volátiles: Termogravimétrico a 103°C (Basado en ISO 6496).
- Proteína Cruda: Kjeldahl (Basado en NTC 4657)
- Carbohidratos: Por diferencia.

4.2.7 Calidad microbiológica. El análisis microbiológico fue realizado según los procedimientos del INVIMA establecidos en el Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad Microbiológica de Alimentos para Consumo Humano (INVIMA, 1998):

- Recuento total de aerobios mesófilos (UFC/g): Recuento en placa (INVIMA).

- NMP de Coliformes totales y fecales: NMP–CBVB (INVIMA).
- Recuento de mohos y levaduras (UFC/g): Recuento en placa (INVIMA).
- Recuento de Estafilococo Coagulasa (+) (UFC/g): Recuento en placa (INVIMA).

Tabla 15: Convenciones empleadas para la identificación de los ensayos en la elaboración de pastas de quinua sustituidas con quinua y adición de CMC y Almidón de Maíz Pregelatinizado.

Tratamiento	Sémola de Trigo (%)	Quinua B. Jericó (%)	Quinua Aurora (%)	CMC (%)	AMP (%)	AGUA (%)
QJ1	70	30	0	0	0	26,0
QJ2	90	10	0	0	0	25,4
QA3	70		30	0	0	26,0
QA4	90	0	10	0	0	25,4
QJC1	70	30	0	2	0	26,0
QJC2	90	10	0	2	0	25,4
QAC3	70	0	30	2	0	26,0
QAC4	90	0	10	2	0	25,4
QJA1	70	30	0	0	9	26,0
QJA2	90	10	0	0	9	25,4
QAA3	70	0	30	0	9	26,0
QAA4	90	0	10	0	9	25,4

4.2.8 Evaluación de la calidad en la cocción. Las variables analizadas para la evaluación de la calidad en la cocción fueron la ganancia de peso, el tiempo óptimo de cocción y la liberación de almidón.

4.2.8.1 Ganancia de peso. Para evaluar la cocción de la pasta se prepararon muestras de 60 g de cada tratamiento (de acuerdo a lo descrito en la Tabla 15) en 600 mL de agua y 6 g de sal (cloruro de sodio). El agua adicionada con la sal se calentó hasta su ebullición, momento en el cual se introdujo la pasta. Las muestras cocidas fueron pesadas para determinar la ganancia de peso (absorción de agua) durante la cocción. La ganancia de peso se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación utilizada por Petitot et al. (2010):

$$\text{Ganancia de peso} = \left(\frac{Pco(\text{pasta cocida}) - Pcr(\text{pasta cruda})}{Pcr(\text{pasta cruda})} \right) \times 100$$

4.2.8.2 Tiempo óptimo de cocción. El tiempo mínimo (óptimo) de cocción está definido como el tiempo necesario para la línea blanca, visible en el centro del espagueti durante la cocción, ha desaparecido al oprimir el espagueti con la placa de compresión (NTC 5080, 2002). De acuerdo con el procedimiento indicado en la NTC 5080 (2002), se calentaron 2L de agua con 14g de cloruro de sodio hasta que hirvió. Al hervir se

introdujeron 100g de espaguetis enteros y se agitó después de su reblandecimiento y constantemente desde que inició la cocción. Se fueron tomando piezas de espagueti que se oprimieron en el cuerpo central usando una placa de compresión conformada por dos láminas de vidrio. Esta operación se repitió cada 30 segundos hasta que se observó que desapareció la línea blanca visible en el centro de la pieza comprimida.

4.2.8.3 Liberación de almidón. Para evaluar la liberación de almidón o pérdida de sólidos se utilizó la metodología AACC 66-50.01 (AACC, 2004). Se tomaron 10 g de muestra que se cocinaron en 100 mL de agua durante 5 minutos. El agua de cocción fue centrifugada y el sedimento se sometió a desecación en mufla a 100°C y se tomó el peso final que se comparó con el peso inicial de muestra.

4.2.9 Evaluación de la calidad de la pasta cruda. Las variables evaluadas para el estudio de la pasta cruda fueron el color y las propiedades mecánicas de dureza/fracturabilidad.

4.2.9.1 Color. Se empleó un colorímetro Minolta CR 300 (Minolta, Osaka, Japón) calibrado con patrón iluminante D₆₅, para medir el color de las muestras de pasta cruda en el espacio de color CIELab expresando los resultados en coordenadas L*, a* y b*.

4.2.9.2 Dureza/Fracturabilidad. Para evaluar la dureza y fracturabilidad de las pastas crudas se realizaron dos tipos de pruebas, una de doblado de tres puntos ("Three-Point Bending Test") siguiendo el método estándar AACC 16-50 (AACC, 1983) y otra de compresión a granel, ambas a temperatura ambiente, empleando un texturómetro TA-TX Plus (Stable Micro Systems, TA.XT2, Surrey, Inglaterra). La prueba de tres puntos se realizó ubicando un tallarín en la sonda HDP/3BP de tal forma que una lámina al moverse a 10 mm/s lo rompiera, identificando las propiedades de fractura de la pasta cruda, de acuerdo a lo reportado por Mariotti et al. (2011). Se realizaron 10 réplicas para cada tratamiento. El stress se calculó a través de las herramientas del software del equipo, como el área bajo la curva Fuerza vs. Distancia.

La evaluación de la dureza y fracturabilidad de las muestras de pasta cruda por compresión se realizó ubicando 24 g de pasta en un recipiente cilíndrico de 45 mm de diámetro, lo cual se comprimió con la sonda P/45 moviéndose a una velocidad de 10 mm/s. En este caso la fracturabilidad se expresa como el número de rupturas o quiebres al comprimir la pasta seca, representado en el número de picos de la curva obtenida Fuerza vs. Tiempo. La utilización de este método no ha sido reportada para pastas en la literatura.

4.2.10 Evaluación de la calidad de la pasta cocida. La calidad de la pasta cocida se evaluó mediante las propiedades mecánicas (dureza, adhesividad, masticabilidad, cohesividad, dureza, resiliencia y elasticidad).

4.2.10.1 Propiedades mecánicas. Se empleó el texturómetro TA-XT Plus (Stable Micro Systems, TA.XT2, Surrey, Inglaterra) para determinar las propiedades mecánicas de las pastas cocidas en el tiempo óptimo de cocción. El perfil instrumental de textura se obtuvo por compresión uniaxial en dos ciclos con una velocidad de 5mm/s con 5 s de intervalo, a porciones de 20g de pasta cocida servida en un recipiente cilíndrico de 45 mm de diámetro, hasta un 50% de deformación con una sonda cilíndrica de 20mm de diámetro SMS P/20. El análisis de los gráficos fuerza vs distancia (Figura 8) obtenidos permite obtener los parámetros: dureza, adhesividad, masticabilidad, cohesividad, dureza, resiliencia y elasticidad.

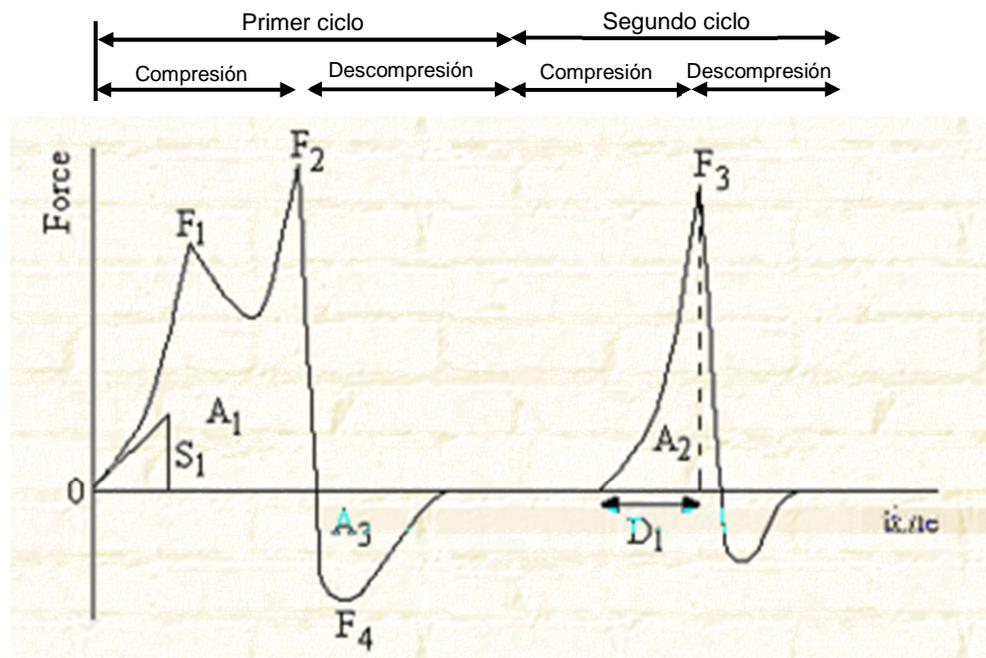


Figura 8: Curva de perfil de textura.

F1: Fracturabilidad; F2: Dureza; A_2/A_1 : Cohesividad; A_3 : adhesividad; D1: Elasticidad; $F_2 \times A_2 / A_1 \times D_1$: Masticabilidad; S1: (pendiente) Módulo de deformabilidad.

FUENTE: Bourne, 1978.

La dureza se definió como la fuerza alcanzada en el pico máximo durante la primera compresión. La cohesividad (A_2/A_1) se entiende como la razón a la cual el material se desintegra bajo el efecto de una fuerza mecánica y se calculó como la relación del área bajo el segundo pico y el área bajo el primer pico. La adhesividad (A_3) representa el trabajo requerido para superar las fuerzas de atracción entre la superficie de la pasta y la superficie de la sonda, dando una estimación de la fuerza necesaria para retirar la pasta del paladar en el proceso de masticación, y se calcula como el área negativa del primer ciclo de compresión. La resiliencia es la medida de la recuperación elástica de la muestra después de una deformación y se determinó como la razón entre el área bajo la segunda mitad del primer pico y el área bajo la primera mitad del mismo pico; esta propiedad permite evaluar la capacidad del tallarín de recuperar su forma original después de la primera compresión (Petitot et al., 2010). La elasticidad (D1) se entiende como la distancia que se estira la muestra de pasta al retirar la sonda después de la primera

compresión y se calcula como la distancia entre los picos de la primera y segunda compresión. La masticabilidad ($F2 \times A2 / A1 \times D1$) puede entenderse como la energía necesaria para masticar un alimento sólido y se calcula como parámetro derivado de la dureza, la cohesividad y la elasticidad.

Adicionalmente se realizó prueba de corte con el juego de cuchillas con filo HDP/BSK a una velocidad de 0.1 mm/s del texturómetro TA-XT Plus (Stable Micro Systems, TA.XT2, Surrey, Inglaterra), obteniendo la dureza al corte y la fuerza de corte. La dureza al corte hace referencia a la fuerza que se aplica hasta que la pasta empieza a romperse. La fuerza de corte corresponde a la fuerza necesaria para atravesar la muestra y cortarla.

Para establecer diferencias significativas entre muestras se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA), con posterior comparación de medias (prueba de Tukey) usando el programa estadístico Statgraphics (Statistical Graphics Corporation, STSC, Inc., Rockville, USA). El nivel de significancia empleado para todos los análisis estadísticos fue $p \leq 0,05$.

4.2.10.2 Calidad sensorial. La calidad organoléptica fue evaluada por un panel entrenado con 15 años de experiencia perteneciente al Departamento de Química de la Sede Bogotá. Los panelistas están entrenados en percepción de sabores básicos, aromas, colores y textura, cuentan con la capacidad de diferenciar entre muestras y están familiarizados con ese tipo de productos. Estuvo compuesto por 6 integrantes (3 hombres y 3 mujeres), cumpliendo con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 3932 (1996), donde cada evaluador corresponde a una réplica. Los evaluadores probaron simultáneamente las muestras. Éstas fueron preparadas cocinando 200 g de pasta en 1500 mL adicionando 15 g de sal, hasta llegar al punto 'al dente'. Los panelistas realizaron un análisis descriptivo ordenando las muestras de menor a mejor calidad, bajo los siguientes parámetros de apariencia y color, sabor y aroma, textura, y superficie al tacto y mordida (sensación bucal) (Anexo F).

Los resultados obtenidos se sometieron a análisis no paramétrico empleando la prueba de Tukey, seguida de comparación múltiple por mínima diferencia significativa con una confianza del 95%.

4.2.11 Evaluación nutricional. Se evaluó el efecto del consumo de las pastas con mayor grado de sustitución (30%) con harina de quinua de las variedades Blanca Jericó y Aurora, para explorar los posibles beneficios sobre marcadores de riesgo cardiovascular en una población sana, como lo son las medidas antropométricas, de valoración dietética, los marcadores lipídicos, de estrés oxidativo, inflamación y trombóticos (Anexo G). El estudio exploratorio fue de carácter transversal descriptivo. Se seleccionó una población sana de 10 individuos con edades entre los 25 y los 60 años, captados en la consulta de Endocrinología del Hospital Militar "Dr. Carlos Arvelo" en Caracas, Venezuela, con colaboración de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Central de Venezuela (Anexos J y K). Se excluyeron sujetos con enfermedades crónicas como diabetes, con infecciones, enfermedades inmunológicas, obesidad y personas con consumo habitual de bebidas alcohólicas o sustancias psicoactivas, mujeres embarazadas y con tratamiento antiagregante plaquetario y antioxidante.

Todos los voluntarios firmaron un consentimiento informado (Anexos H e I), aceptando participar en el estudio. Los datos se recolectaron en el período entre septiembre y octubre de 2011. A todos los participantes se les realizó una evaluación previa a la inclusión para determinar si estaban sanos metabólicamente, calculando el Índice de Masa Corporal (IMC) como la relación entre el peso del individuo y el cuadrado de su estatura, verificando que los valores estuvieran entre 18 y 24,9 (saludable) y que presentaran presión arterial normal. También se les preguntó si les gustaba la pasta y si consumían otro tipo de pasta.

4.2.11.1 Evaluación antropométrica. Incluyó mediciones de peso corporal, estatura máxima y circunferencia de cintura siguiendo la metodología del Programa Internacional de Biología (Cameron et al., 1981). Se utilizó un balanza digital TANITA® UM-080 (Illinois, USA), cinta de fibra de vidrio fijada a la pared y escuadra, y cinta antropométrica de fibra de vidrio, estrecha, flexible y no elástica. Con las medidas obtenidas se determinaron los indicadores Índice de Masa Corporal (IMC) y porcentaje de grasa corporal. Se utilizó la clasificación de la OMS para el IMC (OMS, 2000) y la clasificación de Gallagher et al. (2000) para el porcentaje de grasa corporal. Una circunferencia de cintura mayor a 80 cm en mujeres y 90 cm en hombres se considera como obesidad abdominal (Chacín et al. 2009).

4.2.11.2 Valoración dietética. Se realizó a través de la aplicación de dos técnicas de medición del consumo de alimentos, registro del consumo de alimentos de un día usual típico y cuestionario de frecuencia cualitativa del consumo de alimentos. En la aplicación del registro, para la estimación de las cantidades consumidas de alimentos, se emplearon unidades de medida como tazas, cucharadas y vasos. En el caso de platos únicos o preparaciones mixtas se utilizaron recetas estandarizadas (Sifontes et al., 2000). El cómputo de calorías y nutrientes aportados por la dieta se realizó con base en la información de la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela (INN, 2001). Para algunos alimentos se tomó como referencia la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica o el etiquetado nutricional. Se realizó un análisis estadístico descriptivo.

4.2.11.3 Valoración bioquímica. El estudio se llevó a cabo con un consumo diario de 70g, tres veces a la semana durante dos semanas, sin la ingesta de otro tipo de pasta además de la suministrada en el estudio. Se evaluaron 10 individuos adultos sanos. La pasta utilizada se elaboró con una proporción de 70% de sémola de trigo y 30% de harina de quinua. A cada individuo se le suministraron seis porciones previamente pesadas de 70g para un total de 420g de pasta por dos semanas para ser preparadas con un tiempo de cocción de 8 minutos. A cada paciente se le midieron los parámetros de colesterol, triglicéridos, lipoproteína de alta densidad (HDL), lipoproteína de baja densidad, glicemia, creatinina, ácido úrico e insulina, antes y después de seis porciones.

Después de un ayuno de 14 horas, a cada paciente se le extrajeron 30 mL de sangre periférica en 6 tubos Vacutainer con EDTA y sin EDTA los cuales fueron centrifugados por 20 minutos con lo que se separó el suero y el plasma y se emplearon kits por método enzimático colorimétrico de Roche Diagnóstico C. A.

Cada análisis se realizó por triplicado. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza de una vía y prueba de Duncan con el paquete estadístico Statistix 2009 (Tallahassee, FL, USA).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA

Los resultados para el análisis bromatológico, obtenidos para la pasta cruda se presentan en la Tabla 16, donde se observa que los valores para proteína, fibra y carbohidratos son homogéneos con respecto a los tratamientos. Los coeficientes de variación tuvieron valores bajos (< 30), con una baja variabilidad indicando la reproducibilidad de la prueba.

Al examinar los valores de humedad, se encontró que los mayores contenidos estuvieron en las pastas con presencia de AMP, seguidos de los de las pastas adicionadas con CMC y de los de las pastas sin aditivos, sin importar la concentración del agente estructurante. Esto se puede relacionar con la capacidad que tiene la carboximetil celulosa y el almidón de maíz pregelatinizado de incorporar agua a su estructura, principalmente el almidón de maíz gracias a los fenómenos de hinchamiento e hidratación (Yu (2003), Komlenic et al. (2006)). Aunque no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos con relación a la variación del grado de sustitución de harina de quinua, se observó que entre los lotes con el mismo aditivo o sin aditivo, los mayores contenidos de humedad los presentan las pastas con Quinua Aurora, con valores ligeramente mayores a los de las pastas elaboradas con Quinua Blanca Jericó. El contenido de humedad encontrado estuvo entre 6.58 ± 0.01 y 9.02 ± 0.02 g/100g, siendo menor al señalado como objetivo de la operación de secado en el que la humedad del producto final debe ser máximo de 12.5% (Sissons, 2004). Todos los valores estuvieron por debajo del límite establecido en la NTC 1055 (Tabla 2) de 13%.

Tabla 16: Análisis bromatológico de la pasta cruda con inclusión de quinua y adición de agentes estructurantes CMC y almidón de maíz pregelatinizado (g/100 g muestra).

Tto.	Humedad	Grasa	Cenizas	Proteína	Fibra	Carbohidratos
QJ1	6.58 ^e	3.25 ^{cd}	0.94 ^{bc}	13.00 ^a	0.90 ^a	75.99 ^a
QJ2	6.58 ^e	3.22 ^{ab}	0.63 ^d	12.35 ^a	0.99 ^a	75.58 ^a
QA3	6.61 ^e	2.46 ^e	0.65 ^d	12.77 ^a	0.87 ^a	77.22 ^a
QA4	6.59 ^e	3.61 ^{ab}	0.76 ^{cd}	12.23 ^a	1.09 ^a	75.20 ^a
QJC1	7.24 ^d	3.31 ^{bcd}	1.20 ^a	12.86 ^a	0.97 ^a	74.76 ^a
QJC2	7.42 ^d	3.40 ^{bcd}	0.72 ^{cd}	12.47 ^a	1.24 ^a	74.40 ^a
QAC3	7.99 ^c	3.24 ^{cd}	0.98 ^{bc}	12.44 ^a	0.80 ^a	74.72 ^a
QAC4	7.98 ^c	3.58 ^{abc}	0.61 ^d	12.31 ^a	0.96 ^a	74.40 ^a
QJA1	8.35 ^b	3.25 ^{cd}	0.99 ^{ab}	11.50 ^a	0.79 ^a	75.11 ^a
QJA2	8.09 ^{bc}	3.86 ^a	0.77 ^{bcd}	11.28 ^a	0.84 ^a	75.14 ^a
QAA3	9.02 ^a	3.25 ^{cd}	0.96 ^{ab}	11.44 ^a	0.90 ^a	74.48 ^a
QAA4	8.89 ^a	3.18 ^d	0.75 ^{bcd}	11.37 ^a	0.94 ^a	74.90 ^a
CV	0.98	2.76	7.99	6.13	12.31	0.98

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (P<0,05)

El contenido de grasa en todas las pastas fue mayor al reportado por Holland et al. (1991) para una pasta comercial de 100% sémola de trigo con 1.8% y menor que el reportado por la USDA (1989) para una pasta comercial con huevo con 4.2% (Tabla 3). El contenido de grasa disminuyó con respecto al reportado para las harinas de quinua Aurora (5.22%) y Blanca Jericó (5.38%) (Tabla 9), que se puede asociar al efecto de la mezcla con la sémola de trigo que sólo contiene un 2.0%. De acuerdo al análisis estadístico, se encuentran diferencias significativas para la variedad, el grado de sustitución y el aditivo, independientemente, donde el contenido de grasa es mayor para las pastas sustituidas con la variedad Blanca Jericó, las pastas sustituidas al 10% (independientemente de la variedad de quinua), y para las pastas con aditivos (CMC y AMP). En las pastas sustituidas al 10%, no se encontró diferencia significativa entre la variedad, mientras que en las pastas sustituidas al 30%, el contenido de grasa es mayor para las pastas con harina de quinua Blanca Jericó.

Los valores para la cantidad de cenizas estuvieron entre 0.61 ± 0.03 y 1.20 ± 0.01 g/100g, los cuales se encuentran por debajo del límite máximo exigido por la NTC 1055 de 1.2% (Tabla 2). Se encuentran diferencias significativas entre cada factor de forma independiente. Se encuentran mayores contenidos de cenizas para las pastas con aditivos, sin observarse diferencia significativa entre CMC y AMP. De igual forma, se encuentra mayor contenido de ceniza en las pastas sustituidas al 30% y en aquellas con harina de quinua Blanca Jericó, lo que supone que la quinua es la materia prima con mayor aporte de cenizas, teniendo en cuenta que es una harina integral, especialmente la variedad Blanca Jericó, al igual que los aditivos, los cuales también contribuyen al aumento de este contenido en la pasta.

Al determinar el contenido de proteína, se encontró que las pastas tienen una mayor cantidad de proteína al comparar con el contenido de proteína con el que cuentan las harinas con las cuales se elaboraron las pastas, de 9.41 ± 0.56 y 10.83 ± 0.08 para Aurora y Blanca Jericó, respectivamente (Tabla 9), gracias a la mezcla con sémola de trigo. En general, el contenido de proteína de las pastas sustituidas con quinua, es similar al contenido reportado por Holland et al. (1991) para una pasta comercial promedio cruda de 100% sémola de trigo (Tabla 3). Adicionalmente, la calidad de la proteína podría haber mejorado gracias al alto contenido de aminoácidos esenciales presentes en la quinua (Tabla 10), lo cual podría evaluarse posteriormente. Los valores de proteína cruda para las pastas sustituidas con quinua se encontraron entre 11.28 ± 0.40 y 13.00 ± 0.49 g/100g superando y cumpliendo el requisito de la NTC 1055 que establece un mínimo de 10.5% (Tabla 2). Se observó un aumento ligero en el contenido de proteína en todos los tratamientos que incluyeron mayor proporción de quinua conservando una relación directa entre la cantidad de quinua y el contenido de proteína, aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a ninguno de los factores.

Los valores de fibra cruda encontrados estuvieron en el rango entre 0.79 ± 0.13 % y 1.24 ± 0.48 g/100g que es menor a los valores reportados por Salazar et al. (2011) de las harinas de quinua con 1.44 ± 0.15 para la variedad Aurora y 1.65 ± 0.03 para la variedad Blanca Jericó (Tabla 9), con lo que se deduce que ésta no contribuyó a un enriquecimiento de fibra en el producto final. De acuerdo al análisis estadístico, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque se observó una tendencia a valores mayores de fibra en las pastas con menor proporción de harina de quinua (10%). El coeficiente de variación fue de 12.31 luego de realizar una

estandarización estadística de los datos, lo que supone la reproducibilidad de la prueba para este parámetro y este producto.

El contenido de los carbohidratos en las pastas crudas con sustitución de quinua y uso de CMC o almidón de maíz pregelatinizado, con valores en un rango entre 75 y 78 g/100g, fueron comparables con los de la pasta comercial cruda con 74 g/100g reportada por Holland et al. (1991), la enriquecida con vitaminas con 74 g/100g y la pasta con adición de huevo con 75 g/100g reportadas por la USDA (1989). De acuerdo con el análisis estadístico, sólo se encontraron diferencias significativas entre los aditivos, donde las pastas adicionadas presentaron menor contenido de carbohidratos con respecto a las pastas sin aditivo, sin diferencias estadísticas entre CMC y AMP.

5.2 CALIDAD MICROBIOLÓGICA

En la Tabla 17 se presentan los resultados para el recuento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, estafilococo coagulasa, coliformes totales y coliformes fecales, con valores dentro de los límites establecidos en la NTC 1055, lo que dice que el producto cuenta con buenas condiciones microbiológicas y su consumo no presenta riesgo microbiológico para la salud humana. Adicionalmente, estos resultados indican que las condiciones durante la producción fueron adecuadas para el aseguramiento de una buena calidad microbiológica y para la preservación del producto. Si se observan los valores de humedad de las pastas con quinua de la Tabla 19 que estuvieron en un rango entre 6.58 ± 0.01 y 9.02 ± 0.02 g/100g, y que son menores al establecido como máximo de 12.5% (NTC 1055), es posible decir que esto haya contribuido a un baja actividad de agua en las pastas y, por lo tanto, a una menor proliferación de microorganismos, con lo que el bajo contenido de humedad se convierte en un fuerte obstáculo para su crecimiento.

Tabla 17: Análisis microbiológico de la pasta cruda con sustitución de quinua y CMC o AMP.

Tratamiento	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Mohos y Levaduras (UFC/g)	Estafilococo Coagulasa (+) (UFC/g)	Coliformes (/g)	Coliformes Fecales (/g)
Valor de Referencia	1000 – 3000	100 – 200	100 – 200	<3	<3
QJ1	200	<10	<100	<3	<3
QJ2	290	10	<100	<3	<3
QA3	1540	<10	<100	<3	<3
QA4	160	<10	<100	<3	<3
QJC1	400	<10	<100	<3	<3
QJC2	270	10	<100	<3	<3
QAC3	210	10	<100	<3	<3
QAC4	100	<10	<100	<3	<3
QJA1	200	10	<100	<3	<3
QJA2	230	10	<100	<3	<3
QAA3	350	<10	<100	<3	<3
QAA4	210	<10	<100	<3	<3

5.3 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PASTA CRUDA

A continuación se presentan los resultados para las variables de respuesta en las pastas crudas elaboradas con sustitución de quinua y adición de sustitutos de gluten, carboximetil celulosa (CMC) y almidón de maíz pregelatinizado (AMP).

5.3.1 Color. La medición del color de las pastas se realizó en el sistema de coordenadas del espacio del color CIELab, creado en 1976 por la Comisión Internacional de Iluminación (Commission Internationale d'Eclairage - CIE). En el sistema, cada color percibido se puede representar como un punto con coordenadas [L*, a*, b*] en un espacio tridimensional. El espacio CIELab se basa en tres criterios. El primero es la distribución de la claridad o luminosidad creciente en un eje vertical ('L', coordenada L*), en cuyos puntos extremos, superior e inferior, están el blanco (L=100) y el negro (L=0). El segundo criterio es la designación como eje 'A' de la recta que pasa por los puntos correspondientes a los 0°/360° (a⁺) y a los 180° (a⁻); y como eje 'b', de la que pasa por los puntos correspondientes a los 90° (b⁺) y a los 270° (b⁻). El tercer criterio fundamental es la distribución de los tonos a lo largo de la circunferencia de máxima saturación, localizando las cuatro tonalidades primarias psicológicas en ángulos específicos: 'roja' (a 30°), 'amarilla' (a 90°), 'verde' (a 150°) y 'azul' (a 270°), pudiendo ser designados los tonos por el valor del ángulo formado entre su ubicación y el punto correspondiente al 0°/360° (Sanz, 2001).

Tabla 18. Color de pasta con inclusión de quinua de las variedades Blanca Jericó y Aurora y agentes estructurantes, CMC y almidón de maíz pregelatinizado (n=3, $\alpha=0.05$).

Tratamiento	L*	a*	b*
QJ1	54.64 ^{ef}	18.41 ^{bc}	77.87 ^{bcd}
QJ2	53.84 ^f	17.96 ^c	78.06 ^{bcd}
QA3	58.08 ^{cde}	19.57 ^{ab}	78.83 ^{abc}
QA4	60.88 ^{bc}	19.59 ^{ab}	80.03 ^a
QJC1	56.59 ^{def}	20.73 ^a	76.99 ^d
QJC2	55.67 ^{def}	19.35 ^{abc}	78.84 ^{abc}
QAC3	54.07 ^f	19.05 ^{bc}	77.43 ^{cd}
QAC4	55.87 ^{def}	18.60 ^{bc}	79.08 ^{ab}
QJA1	64.34 ^{ab}	2.33 ^d	17.13 ^g
QJA2	67.95 ^a	2.91 ^d	21.27 ^e
QAA3	66.32 ^a	3.34 ^d	19.59 ^f
QAA4	59.21 ^{cd}	2.38 ^d	16.12 ^g
CV	12.38	3.77	0.93

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P<0,05$).

El color promedio de la pasta cruda con inclusión de quinua se reporta en la Tabla 18. De acuerdo con Kill et al. (2001) el valor de L^* indica el brillo o luminosidad de la muestra, mientras que el valor de b^* indica la tonalidad amarilla. El valor de a^* se refiere al grado de tonalidad rojo/marrón de la muestra, mostrando una buena correlación con respecto a la contaminación con salvado. En la última fila de la Tabla 18, se muestra el coeficiente de variación para cada variable, donde se observa que estos son valores bajos que indican la reproducibilidad de la prueba.

La luminosidad de las pastas presentó valores de L^* entre 53.84 ± 1.48 y 67.95 ± 1.64 , que indican una luminosidad media de las pastas en la escala de 0 a 100. Los tratamientos evaluados sólo presentaron diferencias estadísticas entre los aditivos, observando que las pastas con mayor luminosidad fueron las adicionadas con almidón de maíz pregelatinizado. La luminosidad fue muy similar en los tratamientos en los que se utilizaron una u otra variedad de quinua, sin importar las concentraciones de agente estructurante utilizado, es decir, las pastas que fueron formuladas con CMC (QJC1, QJC2, QAC3 Y QAC4) no fueron significativamente diferentes entre sí, lo que indica que la diferencia en la variedad de la quinua utilizada no influyó en esta característica. Las pastas formuladas con almidón de maíz pregelatinizado (AMP) tampoco presentaron diferencias significativas entre sí, excepto por la QAA4 (formulada con quinua Aurora y almidón de maíz pregelatinizado), que corresponde a la menos sustituida con quinua Aurora. No se encontraron diferencias significativas entre las pastas sin aditivo y las adicionadas con CMC, aunque las pastas sin aditivo muestran ligera diferencia de acuerdo con la variedad de quinua, siendo las de quinua Aurora más claras que las demás. No se observa correlación con la variación del porcentaje de sustitución con harina de quinua.

Los valores de a^* variaron en un rango muy amplio entre 2.33 ± 0.18 y 20.73 ± 0.24 . Los valores más bajos fueron los de las pastas adicionadas con AMP y se diferenciaron significativamente de las adicionadas con CMC y a su vez, con diferencia frente a las pastas control (sin aditivo). Las pastas sin aditivo y con CMC tendieron a ser más rojas/marrón que las pastas con AMP. La pasta con el mayor grado de tonalidad rojo/marrón fue la QJC1 elaborada con la variedad Blanca Jericó (30%) con CMC. Las pastas con mayor grado de sustitución con quinua mostraron valores mayores de a^* , independientemente de la variedad de quinua. No se observó diferencia estadística entre las variedades de quinua. Estos valores de a^* , mayores a los de una pasta comercial con 0.80 (Granito et al., 2003), se asocian estrictamente con el desarrollo de las reacciones del pardeamiento de Maillard durante el proceso de secado (Oliver et al., 1993).

Los valores de b^* variaron en un rango muy amplio entre 16.12 ± 0.24 y 80.03 ± 0.42 . Los valores más bajos los presentaron las pastas con adición de AMP entre 16.12 ± 0.24 y 21.27 ± 0.17 , los cuales son notablemente menores que los de los demás tratamientos sin aditivo y con adición de CMC, y significativamente diferentes a estos, siendo las pastas menos amarillas. Las pastas del tratamiento QA4, que corresponde al menor porcentaje de quinua Aurora sin aditivo, fueron las más amarillas. Las pastas del tratamiento QJC1 que correspondió a la mayor inclusión de quinua Blanca Jericó con aditivo, presentaron un color significativamente menos amarillo comparado con el resto de los tratamientos. Según el análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas entre las variedades pero sí entre los aditivos y el porcentaje de sustitución, siendo las pastas con 10% de quinua las más amarillas y aquellas sin aditivo.

En el estudio realizado por Mariotti et al. (2011) se prepararon pastas sustituidas con harinas de varios cereales como arroz o maíz, y otros ingredientes como almidón de maíz, de papa, harina de lupino, proteínas de lupino, aislado proteico de arveja, harina de tapioca y de girasol, o mezclas de algunas combinaciones de estos ingredientes. Reportaron valores para L^* entre $54,48 \pm 0,33$ y $67,56 \pm 0,19$, rango similar al de las pastas sustituidas con quinua. Por el contrario, los valores reportados de a^* para las pastas descritas son muy diferentes comparados con los de Mariotti et al. (2011). Al comparar con los valores de b^* reportados por Mariotti en los que el valor más alto es de $61,58 \pm 0,23$, se puede ver que las pastas compuestas con quinua fueron más amarillas, excepto para las pastas elaboradas con adición de AMP. Lo anterior indica que en comparación con otras pastas compuestas en las que se puede observar un cambio importante en los parámetros del color, en las pastas con quinua este cambio sólo fue significativo en las pastas con AMP, en proporción de 9%.

Granito et al. (2003), determinaron valores de las coordenadas $L^* = 86.98$, $a^* = 0.80$ y $b^* = 13.8$, en una pasta comercial de 100% sémola de trigo; al comprar con los valores obtenidos en este estudio, se observa que la luminosidad (L^*) de las pastas sustituidas con quinua fue menor, fueron considerablemente más marrones y más amarillas; las pastas con valores que más se asemejan a los valores de la pasta 100% sémola de trigo son las formuladas con almidón de maíz pregelatinizado.

Petitot et al. (2010) obtuvieron valores algo distintos para una pasta de 100% sémola de trigo con condiciones de secado similares a las utilizadas en las pastas con quinua, estos fueron $L^* = 67.9$, $a^* = 5.0$ y $b^* = 42.7$. Se observa que los valores de luminosidad están relativamente más próximos pero los valores de las pastas sustituidas fueron algo menores, en general la pasta de 100% sémola de trigo obtenida por estos investigadores fue considerablemente menos marrón y amarilla que las pastas con quinua sin aditivo y con CMC pero más marrón y amarilla que las que tenían AMP.

5.3.2 Dureza/Fracturabilidad. La prueba de los tres puntos (Three Point Bend) permitió medir tanto la fuerza necesaria para romper la pasta como la deformación de la muestra en el punto de la ruptura (fracturabilidad). La fracturabilidad, expresada en mm, corresponde a la distancia recorrida por la sonda antes del rompimiento de la muestra (Mariotti (2011); Bourne (2002)).

Los valores obtenidos para la fracturabilidad (Tabla 19), variaron desde 0.80 ± 0.31 mm hasta 3.27 ± 0.25 mm. Las pastas elaboradas agregando AMP mostraron los valores más bajos, menores a 1.5 mm, siendo las menos elásticas y significativamente diferentes a las adicionadas con CMC y a aquellas sin aditivo. La mayoría de las muestras obtuvieron valores menores a 3 mm, exceptuando las muestras QA4 (sustituida con quinua Aurora al 10% sin aditivo), QJC2 (con inclusión de la variedad Blanca Jericó al 10% con CMC) y QAC4 (con quinua Aurora al 10% con CMC), donde los dos valores más altos pertenecen a las pastas preparadas con Quinua Aurora en proporción 90:10 sin y con CMC, respectivamente, siendo las pastas con mayor elasticidad. Las pastas QJA1 y QAA3, con quinua Blanca Jericó y Aurora al 30%, respectivamente, son estadísticamente diferentes dentro del grupo de pastas con AMP, lo que supone una diferencia dada por las variedades de quinua ante un mismo grado de sustitución, aunque no existe diferencia

estadísticamente significativa entre variedades. Tampoco se observó diferencia significativa entre las pastas sin aditivo y con CMC. Se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de sustitución, donde los valores más altos corresponden a las pastas sustituidas al 10%, siendo más elásticas que las del 30%. El coeficiente de variación para esta prueba fue de 12.60, con lo que el método es reproducible.

Tabla 19. Fracturabilidad por doblado de tres puntos (“*Three-Point Bending Test*”) en pasta cruda con sustitución de quinua y adición de CMC y AMP. (n=3, $\alpha=0.05$)

Tratamiento	Stress de ruptura (N/mm ²)	Fracturabilidad (mm)
QJ1	116.26 ^b	2.81 ^{ab}
QJ2	175.79 ^a	2.99 ^{ab}
QA3	168.20 ^a	2.79 ^b
QA4	22.57 ^d	3.27 ^a
QJC1	54.42 ^{cd}	2.99 ^{ab}
QJC2	53.47 ^{cd}	3.11 ^{ab}
QAC3	60.84 ^c	2.89 ^{ab}
QAC4	164.83 ^a	3.13 ^{ab}
QJA1	42.62 ^{cd}	1.27 ^c
QJA2	33.33 ^d	0.97 ^{cd}
QAA3	37.20 ^{cd}	0.80 ^d
QAA4	58.29 ^{cd}	1.22 ^{cd}
CV	7.81	12.60

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Los valores reportados por Mariotti et al. (2011) de fracturabilidad de las pastas sustituidas con harinas de arroz, maíz, almidón de maíz, de papa, harina de lupino, proteínas de lupino, aislado proteico de arveja, harina de tapioca y de girasol, o mezclas de algunas combinaciones de estos ingredientes, estuvieron entre 4 y 6 mm. Estos valores suponen una mayor elasticidad si se compara con los obtenidos en este estudio con las pastas sustituidas con quinua. Sin embargo, las pastas obtenidas en este estudio mostraron valores mayores del esfuerzo necesario para la ruptura que las pastas del estudio de Mariotti et al. (2011), los cuales estuvieron entre 13.83 ± 3.43 N/mm² y 70.09 ± 8.24 N/mm², mientras que los de las pastas con quinua estuvieron entre $22,57 \pm 6,29$ y $218,20 \pm 84,9$ N/mm². Esto se puede asociar al contenido de humedad de las pastas con quinua (Tabla 16) que es menor al máximo indicado de 12.5% (Sissons, 2004) o 13% (NTC 1055) que le podría conferir una mayor elasticidad a la pasta. De acuerdo con el análisis estadístico, los valores de stress fueron significativamente diferentes entre los aditivos, con valores más altos para las pastas sin aditivo, seguidos de las pastas con CMC y a su vez, de las pastas con AMP. No se encontraron diferencias significativas con respecto al porcentaje de sustitución o a la variedad. El coeficiente de variación para los datos estandarizados de stress de ruptura fue de 7.81, que es un valor aceptable de variación e indicativo de reproducibilidad.

En la Tabla 20 se reportan los resultados obtenidos para la evaluación de la dureza y del número de picos de fuerza por compresión de las muestras de pasta cruda. El número de picos por fuerza de compresión corresponde al número de rupturas o quiebres al comprimir la pasta seca, representado en el número de picos de la curva. Los valores de dureza alcanzaron valores entre 9746.85 ± 897.05 gf y 24931.72 ± 251.74 gf. De acuerdo con el análisis estadístico, no se observó influencia de los aditivos sobre la dureza ya que no hubo diferencias significativas. Por el contrario, se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de sustitución, con valores más altos para las pastas con 30% de quinua. Igualmente, se encontraron diferencias significativas con respecto a la variedad, con lo cual las pastas con quinua Blanca Jericó mostraron mayor dureza. El coeficiente de variación para esta variable fue de 12.38, con lo que la prueba es reproducible para este tipo de producto.

Tabla 20: Dureza de la pasta cruda con sustitución de quinua con adición de CMC y AMP.

Tratamiento	Dureza (gf)	No. Picos
QJ1	22975,33 ^{ab}	38,00 ^b
QJ2	16119,47 ^{cde}	32,00 ^b
QA3	14224,31 ^{def}	40,67 ^b
QA4	9771,73 ^f	22,33 ^b
QJC1	18110,03 ^{bcd}	35,33 ^b
QJC2	23680,60 ^{ab}	29,33 ^b
QAC3	13207,01 ^{def}	38,33 ^b
QAC4	14368,38 ^{def}	33,33 ^b
QJA1	11802.29 ^{ef}	95.33 ^a
QJA2	20756.45 ^{abc}	93.00 ^a
QAA3	24931.72 ^a	82.33 ^a
QAA4	9746.85 ^f	77.67 ^a
CV	12.38	16.62

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

En el análisis de los valores obtenidos para el número de picos, se debe tener en cuenta la disposición espacial que tienen los tallarines en la probeta de ensayo y que existen espacios vacíos entre ellos. Los resultados estuvieron en un rango entre 22.33 ± 3.21 y 95.33 ± 18.56 . Las muestras sin aditivo y con CMC no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, y fueron significativamente diferentes a las pastas con AMP, que tuvieron los valores más altos con un mayor rompimiento. También se encontraron diferencias estadísticas entre los grados de sustitución, con mayor número de picos en las pastas con 30% de quinua. Con respecto a la variedad no hubo diferencias significativas.

Al observar los valores de dureza relacionados con el número de picos, se encuentra que las pastas más fracturadas requirieron menos fuerza para su compresión, con lo que suponen pastas más frágiles. Estas correspondieron a las pastas adicionadas con AMP.

Las pastas menos frágiles fueron las sustituidas con harina de quinua de la variedad Blanca Jericó en sus dos proporciones, sin aditivo y con CMC. Las pastas con quinua Aurora, sin aditivo y con CMC mostraron un comportamiento intermedio.

5.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN LA COCCIÓN

5.4.1 Ganancia de peso. Los valores de ganancia de peso estuvieron entre $141.70 \pm 0.20\%$ y $341.43 \pm 0.40\%$ (Tabla 21). Se encontraron diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.21. Los valores más altos correspondieron a las pastas con AMP, indicando que estas absorben una mayor cantidad de agua durante la cocción que las adicionadas con CMC y las pastas control sin aditivo. Las pastas con mayor grado de sustitución tuvieron valores de ganancia de peso mayores con respecto a las menos sustituidas. De la misma forma, las pastas con sustitución de harina de quinua Aurora tuvieron mayores ganancias de peso que las de quinua Blanca Jericó. El valor más alto corresponde a la pasta QAA3, que tiene la sustitución más alta (30%) de la variedad Aurora y adición de AMP, factores que podrían potenciar la capacidad higroscópica del almidón presente en la pasta.

Tabla 21: Valores promedio de la calidad de cocción de las pastas elaboradas con quinua y con sustitución de gluten con CMC y almidón de maíz pregelatinizado (n=3, $\alpha=0.05$).

Tratamiento	Tiempo de cocción (min)	Liberación de almidón (%)	Ganancia de peso (%)
QJ1	6.00 ^{abc}	3.42 ^{ab}	153.80 ^g
QJ2	6.67 ^{ab}	4.35 ^{ab}	142.20 ^j
QA3	5.33 ^{abcd}	5.48 ^a	147.70 ⁱ
QA4	4.00 ^{bcd}	3.29 ^{ab}	141.70 ^j
QJC1	5.33 ^{abcd}	3.21 ^{ab}	141.80 ^j
QJC2	8.00 ^a	3.35 ^{ab}	150.30 ^h
QAC3	6.67 ^{ab}	2.89 ^b	161.70 ^e
QAC4	6.00 ^{abc}	2.73 ^b	158.80 ^f
QJA1	3.56 ^{cd}	4.79 ^{ab}	284.07 ^d
QJA2	2.98 ^{cd}	4.68 ^{ab}	287.47 ^c
QAA3	3.08 ^{cd}	4.98 ^{ab}	341.43 ^a
QAA4	2.52 ^d	4.95 ^{ab}	308.83 ^b
CV	3.15	12.59	0.21

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

Petitot et al. (2010) trabajaron con pastas sustituidas con garbanzo y haba, las cuales mostraron ganancias de peso con valores entre $139 \pm 7\%$ y $169 \pm 6\%$, que son similares a los obtenidos para las pastas sin aditivo y con CMC del presente estudio. También obtuvieron un valor de $192 \pm 7\%$ para una pasta control de 100% sémola de trigo, que al compararse con los valores obtenidos para las pastas con quinua sin aditivo ($141.70 \pm 0,20$ a 153.80 ± 0.20), es alto, incluso superior a los valores obtenidos para las pastas con CMC (141.70 ± 0.20 a 161.70 ± 0.20) pero bajo con respecto a las pastas con AMP

(284.07 ± 0.16 a 341.43 ± 0.40). Astaíza et al. (2010) reportan valores entre $71.61 \pm 2.6 \%$ y $121.01 \pm 2.46\%$ para las pastas sustituidas con quinua y de $125.60 \pm 1.17\%$ para la pasta control de 100% sémola de trigo. En dicho estudio, los valores más bajos corresponden a las pastas con mayor grado de sustitución (40% y 50% harina de quinua). Comparados con los anteriores, los valores obtenidos en este estudio tuvieron una mayor incorporación de agua.

5.4.2 Tiempo óptimo de cocción. Los valores de los tiempos de cocción estuvieron entre $2,52 \pm 0,04$ min y $8.00 \pm 0,00$ min (Tabla 21). Las muestras sin aditivo y con CMC no fueron significativamente diferentes entre sí, pero fueron estadísticamente diferentes a las formuladas con AMP. Las pastas con menor tiempo de cocción fueron las preparadas con adición de AMP, entre las cuales no hubo diferencias significativas con relación a la variedad de quinua utilizada ni al grado de sustitución. Se observó que las pastas con la variedad Blanca Jericó tuvieron mayores tiempos de cocción que las pastas con quinua Aurora. La prueba es reproducible de acuerdo al coeficiente de variación obtenido de 3.15, luego de estandarización estadística.

Chillo et al. (2009), elaboraron pastas con quinua o avena al 100% con la adición de CMC como agente estructurante. Los tiempos óptimos de cocción para las pastas de quinua estuvieron entre $5,0 \pm 1,0$ min y $5,5 \pm 0,5$ min, y los de las pastas de avena estuvieron entre $4,5 \pm 0,5$ min y $5,0 \pm 1,0$ min, que sólo se asemejan a los menores tiempos de cocción de las pastas con quinua Aurora sin aditivo y a la pasta con quinua Blanca Jericó (30%) con CMC. La pasta formulada con quinua Blanca Jericó al 10% y CMC (QJC2) tuvo un valor similar al tiempo óptimo (8 min – 11 min) de una pasta estándar elaborada con sémola de trigo.

La reducción de los tiempos óptimos de cocción con referencia a los de pastas comerciales puede atribuirse a proceso de ablandamiento acelerado de la pasta debido a la capacidad de las pastas para perder sus propiedades mecánicas en presencia de agua por la ausencia de gluten (Chillo et al., 2009). En otro estudio realizado por Chillo et al. (2008) en el que se elaboraron pastas cuya base principal fue el amaranto con sustitución de quinua, haba y garbanzo, se obtuvieron tiempos óptimos de cocción de 6.0, 7.5 y 7.0 min, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí. Estos resultados son similares a los reportados en este estudio. Las pastas con quinua Blanca Jericó al 10% con y sin CMC (QJC2 y QJ2) y con quinua Aurora (30%) con CMC (QAC3) estuvieron entre los valores más altos.

5.4.3 Pérdidas por cocción/liberación de almidón. Los valores promedio obtenidos para la liberación de almidón estuvieron entre 2.73% y 5.48%, resultando muy similares entre sí los valores para cada tratamiento, excepto por las pastas formuladas con quinua Aurora al 10% y 30% sin aditivo y con AMP (QA3 y QAA3) y al 10% con AMP (QAA4), que tuvieron la mayor pérdida de sólidos por liberación de almidón. Los valores más altos fueron observados en las pastas con adición de AMP, seguidos de los de las pastas sin aditivo, que fueron significativamente diferentes a los valores de las pastas con adición de CMC. Estos valores son mayores a los reportados por Astaíza et al. (2010), en pastas con sustitución con harina de quinua al 30, 40 y 50%, lo cual se puede asociar a la adición de almidón 'extra' como sucede para el caso de las pastas adicionadas con AMP. Son

menores a los reportados por Petitot et al. (2010) con pastas sustituidas con harinas de garbanzo o haba al 35%; y por Chillo et al. (2008) en pastas formuladas con amaranto y quinua con adición de CMC (0.1%), lo que indica una calidad de cocción comparable con respecto a las pastas reportadas. No se observaron diferencias significativas con respecto a la variedad de quinua o al porcentaje de sustitución con harina de quinua. El coeficiente de variación (12.59) de los datos estandarizados, muestra que la prueba es reproducible.

En el estudio realizado por Astaíza et al. (2010), se obtuvieron pérdidas por cocción entre $2.35\% \pm 0.05$ y $3.36\% \pm 0.16$ para pastas sustituidas con quinua al 30%, 40% y 50% con adición de huevo. Los mismos autores reportan las pérdidas por cocción para una pasta control de 100% sémola de trigo con un valor de $2.15\% \pm 0.09$. Los valores obtenidos en el presente estudio son mayores comparados con los de Astaíza et al. (2010), aunque estos últimos corresponden con formulaciones de pastas con un mayor grado de sustitución con harina de quinua. Por otra parte, los valores de este estudio son menores a los de las pastas sustituidas al 35% con harinas de garbanzo y haba de Petitot et al. (2010) con valores entre $5.6 \pm 0.3\%$ y $7.0 \pm 0.6\%$, y al valor reportado por Chillo et al. (2008) de 11,4% de las pastas con base en amaranto y adición con quinua, con lo que las pastas del presente estudio suponen un mejor comportamiento en este ítem.

5.5 CALIDAD DE LA PASTA COCIDA

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los parámetros evaluados al analizar la calidad de la pasta cocida.

5.5.1 Propiedades mecánicas. En la Tabla 22 se encuentran los resultados para el perfil de textura en el cual se obtuvieron parámetros de masticabilidad, cohesividad, dureza, resiliencia y elasticidad.

Para los valores de adhesividad se encontró que el coeficiente de variación tuvo un valor muy alto, aun después de realizar estandarización de los datos por lo cual estos datos no se muestran en este documento. Sin embargo, considerando que son resultados preliminares, se observó como resultado preliminar que no hubo diferencias significativas entre las variedades de quinua. Los valores de mayor magnitud fueron los de las pastas con AMP, los cuales son significativamente diferentes de las pastas con CMC y sin aditivo. Hubo diferencias significativas entre los grados de sustitución, donde los valores de mayor magnitud pertenecen a las pastas sustituidas al 10%.

La masticabilidad mostró diferencias significativas para la influencia de los aditivos y del porcentaje de sustitución, con valores altos para las pastas sin aditivo y para las pastas sustituidas al 10%, sin embargo. Se obtuvo un coeficiente de variación de 13.06 de los datos estandarizados.

Para la cohesividad existen diferencias significativas con respecto a los tres factores evaluados con valores más altos para las pastas con adición de CMC y sin aditivo, las sustituidas al 10% y las que contenían la variedad Blanca Jericó, pudiendo ser éstas las más resistentes a la cocción procurando mantener su integridad. Sin embargo, esto no

corresponde con lo encontrado en las pérdidas por cocción, ya que las de las pastas con adición de CMC son las más altas. El coeficiente de variación de los datos estandarizados de cohesividad (10.80), indica que la prueba es confiable y reproducible para esta variable.

Tabla 22: Perfil de textura de la pasta cocida con sustitución de quinua y sustitución de gluten con CMC y almidón de maíz pregelatinizado (n=3, $\alpha=0.05$).

Tto.	Masticabilidad (gf)	Cohesividad	Dureza (gf)	Resiliencia (g)	Elasticidad (mm)
QJ1	181.58 ^a	0.65 ^a	333.94 ^{ab}	0.32 ^a	0.81 ^a
QJ2	162.11 ^a	0.59 ^{abc}	334.72 ^{ab}	0.28 ^a	0.80 ^a
QA3	116.90 ^a	0.61 ^{ab}	234.39 ^{bc}	0.25 ^{abc}	0.80 ^a
QA4	223.78 ^a	0.58 ^{abc}	522.51 ^a	0.26 ^{abc}	0.72 ^a
QJC1	122.51 ^a	0.65 ^a	261.11 ^{bc}	0.31 ^a	0.66 ^{ab}
QJC2	124.56 ^a	0.67 ^a	263.74 ^{bc}	0.31 ^a	0.71 ^a
QAC3	139.94 ^a	0.57 ^{abcd}	317.90 ^b	0.27 ^{ab}	0.75 ^a
QAC4	187.75 ^a	0.66 ^a	348.93 ^{ab}	0.32 ^a	0.80 ^a
QJA1	49.84 ^b	0.45 ^{de}	172.87 ^{bc}	0.17 ^{cd}	0.59 ^{ab}
QJA2	80.80 ^b	0.49 ^{bcd}	246.93 ^{bc}	0.18 ^{bcd}	0.61 ^{ab}
QAA3	17.45 ^b	0.34 ^e	113.40 ^c	0.09 ^d	0.45 ^b
QAA4	46.50 ^b	0.47 ^{cde}	144.69 ^{bc}	0.14 ^d	0.61 ^{ab}
CV	13.06	10.80	7.56	9.07	9.76

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P<0,05$).

Con respecto a la dureza se observó que hay diferencias estadísticas entre las pastas adicionadas con AMP y las demás, donde las pastas con AMP presentaron los valores más bajos. De igual forma sucedió con las pastas sustituidas al 30%, siendo las menos duras, es decir, que las mezclas con mayor cantidad de sémola dieron valores un poco más altos, donde es probable que el gluten ayude a esta respuesta. No hubo diferencias significativas para las variedades. El coeficiente de variación de los datos estandarizados presentó un valor aceptable (7.56) donde la prueba puede ser considerada como confiable.

Para los valores de resiliencia el coeficiente de variación de los datos estandarizados (9.07) indica que la prueba es reproducible. Se encontraron diferencias significativas entre las variedades de quinua y los aditivos. Las pastas con quinua Blanca Jericó tuvieron valores más altos de resiliencia, al igual que aquellas sin aditivo y con adición de CMC.

Los valores de elasticidad sólo mostraron diferencias significativas relacionadas con los aditivos, encontrando los valores más bajos para las pastas con adición de AMP, siendo éstas las menos elásticas. No hubo diferencias significativas entre las pastas sin aditivos y a las que se les agregó CMC. Los datos fueron estandarizados y su coeficiente de variación de 9.76 indica que la prueba es reproducible.

En general, las pastas con AMP presentaron valores más bajos en estos parámetros, mostrando propiedades mecánicas inferiores con respecto a los demás tratamientos. Esto

podría deberse a la forma como se estructura la masa de las pastas con el AMP y el cambio que sufre durante la cocción. El AMP debió tener una tendencia a la retrogradación, realineándose, lo que lo haría perder cohesividad. Además, cuando se sometió a la cocción, no tendría la misma cohesividad con la matriz y entonces tendería a liberarse. Adicionalmente, se observó de forma general que las pastas con mayor contenido de cenizas presentaron valores menores de los parámetros de propiedades mecánicas, con lo que las pastas con mayor grado de sustitución con harina de quinua o las sustituidas con harina de la variedad Blanca Jericó mostraron una menor calidad en cuanto a las propiedades mecánicas descritas en el perfil de textura. Por lo anterior, se recomienda tener en cuenta la utilización de materias primas no integrales para mejorar el desempeño mecánico de estas pastas.

En la prueba de corte (Tabla 23) no fue posible obtener resultados para las muestras con adición de almidón de maíz pregelatinizado debido a la fragilidad de estas pastas, que se rompieron con mucha facilidad y en gran proporción con la cocción, siendo muy cortas para la sonda. Los valores de dureza al corte para pastas sin aditivo y con CMC, estuvieron entre 542.3 ± 14.66 y 1401.4 ± 23.12 . Estos mostraron diferencias significativas con respecto al aditivo. Las pastas sin aditivo tuvieron valores significativamente menores que las pastas con CMC. Estos datos, comparados con la dureza a la compresión (entre 234.39 ± 31.43 y 522.51 ± 110.57), son notablemente mayores y se requiere imprimir un esfuerzo mayor para lograr el corte de la pasta cocida. En las pastas sin CMC, las que tuvieron menor dureza al corte fueron las sustituidas al 10% con harina de quinua Blanca Jericó y Aurora, aunque no hay diferencia estadística. Por el contrario, para las pastas con CMC, las que presentaron menores valores de dureza fueron las sustituidas al 30% con harina de quinua. Sin embargo, se observó que la dureza al corte fue mayor en las pastas formuladas con CMC, lo que indica que este aditivo permite que se forme una estructura más resistente al corte en comparación con las pastas sin aditivo. Por su parte, la fuerza de corte, necesaria para atravesar la muestra, alcanzó valores en un rango entre 68.45 ± 54.05 y 182.03 ± 192.10 (Tabla 23), donde se encontraron diferencia significativas para la influencia del aditivo, con valores altos para las pastas con CMC, lo cual corresponde con el comportamiento observado para la dureza al corte. Los coeficientes de variación de las dos variables indican que esta prueba es confiable.

Tabla 23: Dureza y fuerza de corte en pastas cocidas con inclusión de quinua y uso de sustitutos de gluten (CMC y AMP) (n=3, $\alpha=0.05$).

Tratamiento	Dureza al corte (gf)	Fuerza de corte (gf)
QJ1	125.21 ^b	848.9 ^{bc}
QJ2	74.80 ^c	592.0 ^c
QA3	93.43 ^{bc}	743.6 ^{bc}
QA4	68.45 ^c	542.3 ^c
QJC1	129.25 ^b	988.8 ^b
QJC2	123.73 ^b	1036.3 ^{ab}
QAC3	114.32 ^{bc}	861.9 ^{bc}
QAC4	182.03 ^a	1401.4 ^a
CV	19.19	16.45

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P<0,05$).

5.5.2 Calidad sensorial. En las Figuras 9, 10, 11 y 12, se presentan los diagramas de araña para cada las calificaciones de la evaluación sensorial para cada atributo y cada tratamiento luego del análisis estadístico.

Las calificaciones de apariencia y el color (Figura 9) estuvieron entre 1.33 ± 0.82 y 4.00 ± 1.10 . La calificación más baja fue para las pastas QA4, elaborada con quinua Aurora y sin aditivo. La calificación más alta fue la QJA2 elaborada con harina de la variedad Blanca Jericó y adición de AMP. Las pastas no son significativamente diferentes entre sí en apariencia y color. La mayoría de las calificaciones estuvieron entre 3 y 4, lo que indica que su apariencia es pegajosa y decolorada, pudiéndose romper con facilidad y encontrándose muy partida, lo que corresponde con los resultados de las propiedades mecánicas tanto en la pasta cruda como cocida. De acuerdo con el análisis estadístico, sólo existen diferencias significativas entre las variedades de quinua, con mayores calificaciones para las pastas con harina de quinua Blanca Jericó.

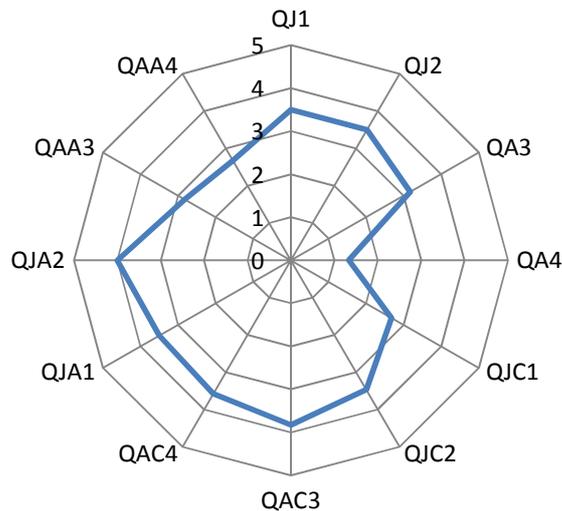


Figura 9: Diagrama de araña para la Apariencia y Color de la pasta cocida con quinua y sustitución de gluten con CMC y almidón de maíz pregelatinizado.

Las calificaciones del sabor y aroma (Figura 10) se ubicaron entre 2.33 ± 1.03 y 4.33 ± 0.82 , el valor más bajo fue para las pastas del tratamiento QA4, con quinua Aurora y sin aditivo, mientras que el valor más alto fue para la pasta QJA2 con Quinua Blanca Jericó y AMP. Estas calificaciones no son significativamente diferentes y describen un sabor a crudo o a harina e insípido. Las mezclas con CMC, en general fueron mejor calificadas que las mezclas con AMP. Sólo se observaron diferencias significativas entre el porcentaje de sustitución con quinua, con mayor calificación para las pastas menos sustituidas (10%). También se encontró diferencia estadística entre las pastas con CMC y con AMP, donde las pastas con CMC tuvieron las mejores calificaciones.

En la Figura 11, se observan las calificaciones otorgadas por el panel con respecto a la textura, los valores se agrupan en un rango entre 1.33 ± 0.52 y 4.17 ± 0.75 ; al igual que con los otros atributos mencionados, la calificación más baja fue para la pasta QA4, que en las pruebas de propiedades mecánicas ha resultado ser la más frágil, y la más alta para la pasta QJA2. De acuerdo con estos valores, las pastas fueron descritas como suaves, pegajosas y poco elásticas, en concordancia con lo revelado con las pruebas mecánicas. Las pastas con CMC presentaron mejores calificaciones con respecto a aquellas sin aditivo y a las que se formularon con AMP, excepto por la pasta QJA2. No se encontraron diferencias significativas en el análisis estadístico.

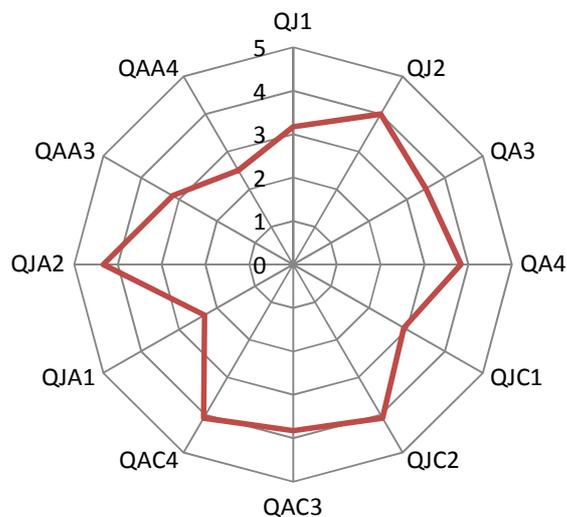


Figura 10: Diagrama de araña para Sabor y Aroma de la pasta cocida con quinua y sustitución de gluten con CMC y almidón de maíz pregelatinizado.

La superficie al tacto (Figura 12) fue calificada entre 0.33 ± 0.52 y 2.42 ± 0.49 , mostrando que las pastas se encontraban viscosas, aglutinadas, pastosas o pegajosas. De acuerdo con los datos, la sustitución de sémola de trigo con harinas de quinua afectó la valoración de las pastas formuladas. La adición de CMC o AMP no afectó significativamente la calificación de los atributos sensoriales de las pastas aunque las pastas con aditivos tuvieron siempre calificaciones más altas que las mezclas sin aditivos. Las pastas con sustitución de quinua Blanca Jericó tuvieron mejores calificaciones con diferencias estadísticas frente a las pastas con quinua Aurora, sin embargo estas tienen valores bajos.

Al sustituir la sémola con harinas de quinua, las características sensoriales de las pastas se ven afectadas en todos los atributos, especialmente los relacionados con la textura. Esto se reafirma con los resultados de los ensayos del presente estudio para propiedades mecánicas de las pastas crudas y cocidas. Rayas-Duarte et al. (1996) reportaron cambios desfavorables en la textura sensorial de pastas sustituidas con harina de amaranto y lupino. Igualmente lo reporta Wu (2001) con pastas sustituidas con proteína de germen de maíz (5% y 10%). Granito et al. (2003) observaron desintegración de las pastas

sustituidas al 90% con harina de germen desgrasado de maíz, frijol Orituco, almidón de yuca y adición de estearoil lactilato sódico, y disminución de la consistencia en aquellas sustituidas al 55% y 70%. Así mismo las pastas elaboradas con harinas de frijol crudas presentaron menor consistencia que las de harinas de frijol cocidas.

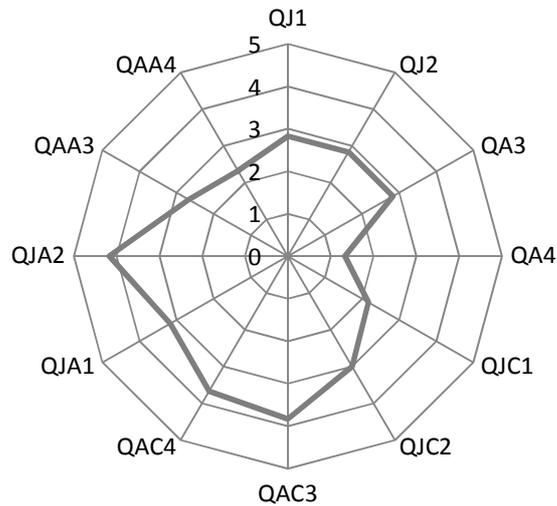


Figura 11: Diagrama de araña para Textura de la pasta cocida con quinua y sustitución de gluten con CMC y almidón de maíz pregelatinizado.

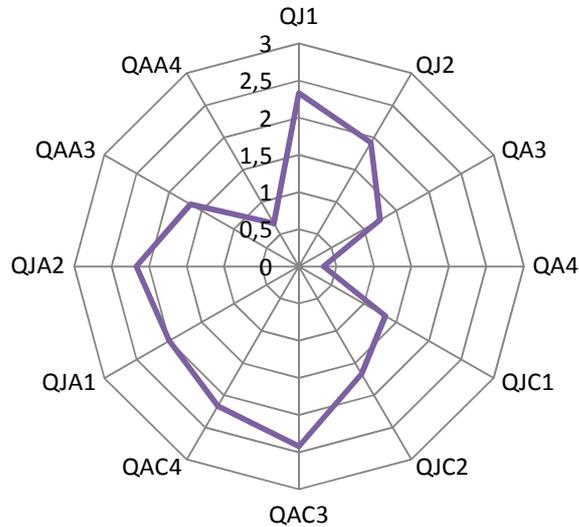


Figura 12: Diagrama de araña para Superficie al tacto y mordida de la pasta cocida con quinua y sustitución de gluten con CMC y almidón de maíz pregelatinizado.

5.6 EVALUACIÓN NUTRICIONAL

En la Tabla 24 se presenta el efecto del consumo de pasta sobre las medidas antropométricas como peso, talla, Índice de Masa Corporal (IMC) y circunferencia de

cintura, además de la tensión arterial sistólica y diastólica. Se puede observar que no existen diferencias significativas entre las variables medidas al comienzo del ensayo (tiempo 0) y al final del mismo (tiempo 8 días). El consumo de pasta sustituida con quinua en las condiciones establecidas no afecta las medidas antropométricas ni de tensión arterial.

Tabla 24. Efecto del consumo de pasta a nivel de medidas antropométricas y de tensión arterial ($\alpha=0.05$).

Variables e Indicadores	Tiempo 0	Tiempo 8 días
Edad	38,8 ± 14,2	
Peso (Kg)	60,75 ^a	60,95 ^a
Talla (m)	1,61 ^a	1,61 ^a
IMC	23,25 ^a	23,33 ^a
Circunferencia de cintura (cm)	83,67 ^a	84,00 ^a
Presión Arterial Sistólica (mmHg)	118,00 ^a	115,00 ^a
Presión Arterial Diastólica (mmHg)	78,00 ^a	78,00 ^a

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P<0,05$).

En la Tabla 25 se aprecia el efecto del consumo de pasta en los indicadores dietéticos de ingesta de energía (Kcal/día), de proteínas, grasas, carbohidratos y fibra (g/día). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos antes y después de la ingesta de la pasta sustituida con quinua. El consumo de pastas con quinua genera una respuesta neutra sobre los indicadores dietéticos.

Tabla 25. Efecto del consumo de pasta en algunos indicadores dietéticos ($\alpha=0.05$).

Indicador	Tiempo 0	Tiempo 8 días
Ingesta de energía (Kcal/día)	2219,7 ^a	2083,5 ^a
Ingesta de proteínas (g/día)	100,4 ^a	109,7 ^a
Ingesta de grasas (g/día)	70,1 ^a	79,2 ^a
Ingesta de carbohidratos (g/día)	279,8 ^a	229,4 ^a
Ingesta de fibra (g/día)	25,4 ^a	19,9 ^a

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P<0,05$).

En la Tabla 26 se aprecia el efecto del consumo de pasta en los marcadores bioquímicos: colesterol total, colesterol HDL y colesterol LDL, triglicéridos, glicemia, ácido úrico, creatinina e insulina en una población metabólicamente sana, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los marcadores evaluados entre los valores antes y después de la ingesta de la pasta sustituida con harina de quinua. Según los valores obtenidos, la ingesta de pasta sustituida con quinua no provoca una respuesta de ascenso o descenso de algunos de los parámetros evaluados.

Se ha observado en estudios con pacientes diabéticos Tipo 1, bajo régimen de terapia insulínica intensiva, que las pastas provocan una menor respuesta glicémica que los

fideos de arroz, hamburguesa tailandesa o sándwich (MacDonald et al. 2009), con lo cual se puede considerar esta formulación con quinua como una posible alternativa en dietas equilibradas para pacientes diabéticos.

Tabla 26. Evaluación del efecto del consumo de pasta en la cuantificación de marcadores bioquímicos: lípidos, glicemia e insulina en sujetos metabólicamente sanos.

Parámetro laboratorio clínico	Antes	Después
Colesterol Total (mg/dl)	167,60 ± 28,79 ^a	159,80 ± 31,32 ^a
Triglicéridos (mg/dl)	92,00 ± 32,73 ^a	108,75 ± 65,92 ^a
HDL-Colesterol (mg/dl)	41,60 ± 5,94 ^a	42,20 ± 7,59 ^a
LDL-Colesterol (mg/dl)	96,8 ± 16,08 ^a	85,80 ± 20,89 ^a
Glicemia (mg/dl)	88,80 ± 8,81 ^a	89,40 ± 4,72 ^a
Acido Úrico (mg/dl)	5,38 ± 1,62 ^a	4,82 ± 1,09 ^a
Creatinina (mg/dl)	0,84 ± 0,14 ^a	0,80 ± 0,17 ^a
Insulina	8,20 ± 2,13 ^a	8,40 ± 2,50 ^a

Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (P<0,05).

Como se sabe los hidratos de carbono complejos provocan una respuesta glicémica e insulínica menor que los refinados, debido a que su absorción es más lenta. Este efecto sería beneficioso para individuos con resistencia a la insulina o diabéticos.

Por otra parte, los alimentos con bajo índice glicémico (IG) se asocian a una mayor sensación de saciedad, debido a que retardan el vaciamiento gástrico. En general los alimentos que inducen una baja respuesta glicémica son ricos en fibra, prolongando así la distensión gástrica, causando probablemente un aumento de los péptidos asociados a la saciedad. En un estudio realizado recientemente, al comparar el efecto del pan de grano entero con de grano refinado y pasta, se observó que las pastas tenían una menor respuesta glicémica que los panes y mayor efecto de saciedad que el pan de harina refinada (Kristensen et al. 2010). De otra parte, otros estudios no demostraron efecto de alimentos de bajo IG, incluido pastas en la saciedad e índice de masa corporal después de 12 semanas de intervención con dieta isocalórica, pero con diferentes IG, en mujeres con sobrepeso (Aston et al. 2008).

Igualmente, la ingesta de hidratos de carbono de alto IG se asocia a un mayor riesgo cardiovascular asociado con estrés oxidativo, aún en individuos sin intolerancia a la glucosa o síndrome metabólico. En experimentos en humanos con dietas con 50 g de hidratos de carbono como glucosa o pan con harina refinada y pasta, mostraron que las pastas tenían un efecto insignificante sobre la activación de NF-κB, (que es regulado por el estado oxidativo) a diferencia del pan y glucosa que lo activaban (Dickinson et al. 2008).

No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados (antropométrico, presión arterial, indicadores dietéticos y marcadores bioquímicos) con el consumo de 210 g de pasta de quinua a la semana.

6. CONCLUSIONES

1. El porcentaje de sustitución con harina de quinua, así como, la variedad de quinua utilizada, no fueron factores que influyeron de forma regular ni estadísticamente significativa sobre las variables estudiadas en las pastas elaboradas, mientras que sí fue posible observar diferencias significativas notorias para la mayoría de las variables en las pastas con AMP, mostrando la influencia notable de este aditivo en la calidad de las pastas.
2. Se encontró que en los contenidos proximales de proteína y fibra no hubo diferencias significativas entre los tratamientos o formulaciones propuestas, así como tampoco se observaron diferencias en la calidad microbiológica, la ganancia de peso en la cocción y la textura por evaluación sensorial, con los que los factores propuestos no tienen influencia sobre estas variables.
3. La sustitución con la variedad de quinua Blanca Jericó mostró influencia principalmente en las propiedades mecánicas instrumentales y sensoriales con mayores valores de cohesividad, resiliencia y dureza (compresión de pasta cruda), y mejores calificaciones en apariencia y superficie al tacto y mordida, mostrando una mejor calidad.
4. El comportamiento de los dos aditivos, carboximetil celulosa (CMC) y almidón de maíz pregelatinizado (AMP), no fue óptimo, sin embargo el CMC tuvo mejores valores en cuanto a la calificación sensorial por sabor y aroma, la dureza y la fuerza al corte, resiliencia, elasticidad, dureza por compresión, cohesividad, tiempo óptimo de cocción y fracturabilidad.
5. El estudio exploratorio que se llevó a cabo en voluntarios sanos a los cuales se les evaluaron ciertos marcadores bioquímicos: colesterol total, triglicéridos, colesterol HDL, colesterol LDL, glicemia, ácido úrico, creatinina e insulina, con el fin de observar una posible relación con beneficios a la salud por el consumo de pastas formuladas, mostró que no hubo variaciones significativas en esos marcadores entre el tiempo 0 y a los 8 días de ingesta.

7. RECOMENDACIONES

- Se deben hacer estudios más exhaustivos sobre las condiciones de secado de la pasta controlando variables importantes como la humedad relativa, la configuración de la cámara de secado, la disposición de la pasta dentro de esta, así como el tiempo y la temperatura de permanencia y enfriamiento.
- Deberá estudiarse la calidad de las pastas sustituidas con quinua en función de la variación de la concentración de los agentes estructurantes o de otros.
- Se recomienda ensayar con almidón pregelatinizado de otras fuentes vegetales de acuerdo a su disponibilidad y costo.
- Se recomienda estudiar otras formulaciones de pastas con quinua con el fin de mejorar la respuesta sensorial y alcanzar un producto sensorialmente aceptable.
- Se debe estudiar la vida útil de estos productos observando su comportamiento bajo diferentes condiciones de conservación y almacenamiento.
- La verificación de la calidad funcional de las pastas sustituidas con quinua merece investigaciones de más largo plazo y alcance que puedan mostrar sus potenciales beneficios a la salud, como son el de moderar o incluso reducir valores de marcadores bioquímicos e inflamatorios en pacientes con alto riesgo de enfermedades cardiovasculares.
- Se debe continuar la exploración de las posibilidades del uso de la quinua como un alimento a usarse en pacientes con regímenes especiales de dieta: diabéticos y celíacos.
- Se sugiere realizar evaluación en una población mayor y por un tiempo más prolongado para ver si se observan cambios en estos marcadores. Así como se recomienda determinar el Índice glicémico de dichas pastas.

8. BIBLIOGRAFÍA

AGNESI, E. The History of Pasta. In: Kruger, J. E., Matsuo R. B., Dick J. W, editors. Pasta and Noodle Technology. 1996. St Paul, MN: American Association Cereal Chemists. p. 1 – 12.

AGROCADENAS. Cadena Productiva de la Molinería. 2004. Disponible en: www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/.../Molineria.pdf

AGUSTÍN, L. S.; Franceschi, S; Jenkins, D. J.; Kendall, C. W.; La Vecchia, C. Glycemic index in chronic disease: a Review. In: European Journal Clinical Nutrition. 2002. Vol. 56. p. 1049-1071.

AHAMED, N. T.; Singhal, R. S.; Kulkarni, P. R.; Pal, M. Physicochemical and functional properties of Chenopodium quinoa starch. Carbohydrate Polymers. 1996. Vol. 31. p. 99-103.

ÁLVAREZ-JUBETE, L.; Arendt, E. K.; Gallagher, E. Nutritive Value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. In: Trends in Food Science and Technology. 2010. Vol. 21. p. 106-113.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved Methods of the AACC. Method 16-50. Approved November 1989. The Association: St. Paul, MN. 1983.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved Methods of the AACC. Method 66-50. 01. 10th Edition. The Association: St. Paul, MN. 2004.

ANASTASIADES, A.; Thanou, S.; Loulis, D.; Stapatoris, A.; Karapantsios, T. D.; Rheological and physical characterization of pregelatinized maize starches. In: Journal of Food Engineering. 2002. Vol. 52. p. 57-66.

ANON. Hydrocolloids improve shelf-life and moisture retention of shelf-stable bagels. In: Food Technology. 2002. Vol. 56. p. 50.

ANTOGNELLI, C. The manufacture and applications of pasta as a food and as a food ingredient: A review. In: Journal of Food Technology, 1980. Vol. 15. p. 121-145.

ARAVIND, N.; Sissons, M.; Fellows, C. M. Effect of soluble fibre (guar gum and carboxymethylcellulose) addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti. In: Food Chemistry. 2011. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.09.073

ASSOCIATION OF ANALYTICAL COMMUNITIES (AOAC). Official Methods of the Association of Analytical Chemists (15th ed.). Arlington, VA: AOAC. Method 942. 2005.

ASTAIZA, M.; Ruiz, I. Elizalde, A. Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa wild.*) y zanahoria (*Daucus carota*).En: Rev. Bio. Agro. 2010. Vol.8. No. 1. p.43-53. ISSN 1692-3561.

ASTON, L. M.; Stokes, C. S.; Jebb, S. A.; No effect of a diet with a reduced glycaemic index on satiety, energy intake and body weight in overweight and obese women. In: *International of Journal Obesity*. London. 2008. Vol. 32. No. 1. p. 160-165.

ATWELL, W.A.; Patrick, B. M.; Jhonson, L. A.; Glass, R. W. Characterization of quinoa starch. In: *Cereal Chemistry*. 1983. Vol. 60. p. 9-11.

AYALA, G.; Ortega, L.; Morón, C. Valor nutritivo y usos de la quinua. En: *Quinua, Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. Santiago de Chile. 2001.

BACIGALUPO, A.; TAPIA, M. Potencial agroindustrial de los cultivos andinos subexplotados. En: *Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. FAO. Ediciones Gegra S.A. Santiago, Chile. p. 136-163.

BAHNASSEY, Y.; Khan, K.; Harrold, R. Fortification of spaghetti with edible legumes. Physicochemical, anti-nutritional, amino acid and mineral composition. *Cereal Chemistry*. 1986. Vol. 63. p. 210–215.

BAHNASSEY, Y.; Khan, K. Fortification of spaghetti with edible legumes. Rheological, processing and quality evaluation studies. In: *Cereal Chemistry*. 1986. Vol. 63. p. 216–219.

BALOGH, U. Wheat: postharvest operations. Ed. AGSI/FAO. 1994. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_WHEAT.pdf

BASU, N.; Rastogi, R. P. Triterpenoid saponins and sapogenins. In: *Phytochemistry*. 1967. Vol. 6. p. 1249-1270.

BEMILLER, J. N. Hydrocolloids. In: Arendt E. K., Dal Bello, F. Eds., *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. 2008. p. 203-215.

BERTI, C.; Riso, P.; Monti, L.; Porrini, M. In vitro starch digestibility and in vivo glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts. In: *European Journal of Nutrition*. 2004. Vol. 43. No. 4. p. 198–204.

BHARGAVA, A.; Shukla, S.; Ohri, D. *Chenopodium Quinoa – An Indian perspective*. In: *Industrial Crops and Products*. 2006. Vol. 23. p. 73-87.

BOURNE, M. *Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement*. Academic Press. London. 2002. ISBN 0-12-119062-5.

BREEN, M. D. Use of various protein sources in pasta. In: *Macaroni Journal*. 1977. Vol. 58. p. 26–34.

BRENNAN, C. S.; Blake, D. E.; Ellis, P. R.; Schofield, J. D.; Effects of guar galactomannan on wheat bread microstructure and on the in vitro and in vivo digestibility of starch in bread. In: *Journal of Cereal Science*. 1996. Vol. 24. p. 151-160.

BURNOUF-RADOSEVICH, M.; Delfl, N. High performance liquid chromatography of oleanane-type triterpenes. In: *Journal of Chromatography*. 1984. Vol. 292. p. 403-409.

CAI, Y. Z.; Croke, H.; Wu, H. X. Amaranth. In: *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Ltd. 2004. p. 1-10.

CAMERON, N.; Hiernaux, J.; Jarman, S.; Marshall, W.; Tanner, J.; Whitehouse, R. Anthropometry. En: Weiner, J. S; Lourie, J. A. editors. *Practical human biology*. London. 1981. p. 27-52.

CARDOZO, A.; Tapia, M. E.; Valor nutritivo. Quinoa y Kaniwa. *Cultivos Andinos*. En: Tapia, M. E. (Ed.), *Serie libros y Materiales Educativos*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá. Colombia. 1979. P. 149-192.

CARINI, E.; Vittadini, E.; Curti, E.; Antoniazzi, F. Effects of different shaping modes on physico-chemical properties and water status of fresh pasta. In: *Journal of Food Engineering*. 2009. Vol. 93. p. 400-406.

CARINI, E.; Vittadini, E.; Curti, E.; Antoniazzi, F.; Viazani, P. Effect of different mixers on physicochemical properties and water status of extruded and laminated fresh pasta. In: *Food Chemistry*. 2010. Vol. 122. p. 462-469.

CARMEN, M. L. Acclimatization of quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen) to Finland. In: *Annales Agriculture Fenniae*. 1984. Vol. 23. p. 135-144.

CHACÍN, L.; Chacín, N.; Chacín, J. Vigencia del síndrome metabólico. En: *Diabetes Internacional*. 2009. Vol. 4. No. 1. p. 86-98.

CHILLO, S.; Laverse, J.; Falcone, P. M.; Del Nobile, M. A. Effect of carboxymethylcellulose and pregelatinized corn starch on the quality of amaranthus spaghetti. In: *Journal of Food Engineering*. 2007. Vol. 83. p. 492-500.

CHILLO, S.; Laverse, J.; Falcone, P. M.; Del Nobile, M.A. Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. In: *Journal of Food Engineering*. 2008. Vol. 84. p. 101-107.

CHILLO, S.; Suriano, N.; Lamacchia, C.; Del Nobile, M. A. Effects of additives on the rheological and mechanical properties of non-conventional fresh handmade tagliatelle. In: *Journal of Cereal Science*. 2009. Vol. 49. p. 163-170.

CHILLO, S.; Civica, V.; Iannetti, M.; Suriano, N.; Mastromatteo, M.; Del Nobile, M. A. Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. In: *Carbohydrate Polymers*. 2009. Vol. 78. p. 932-937.

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Norma Internacional CODEX STAN 178/1991. TRIGO Y TRIGO DURO. Disponible en:
www.codexalimentarius.net/download/standards/62/CXS_178s.pdf

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Norma Internacional CODEX STAN 199/1995. TRIGO Y TRIGO DURO. Disponible en:
www.codexalimentarius.net/download/standards/62/CXS_199s.pdf

COMITÉ DE SEGURIDAD ALIMENTARIA MUNDIAL. Evaluación de la seguridad alimentaria y situación de la nutrición a escala mundial. CFS:2008/2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2008. Disponible en:
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/014/k3175s1.pdf>

CROFT, J. B.; Keenan, N. L.; Sheridan, D. P.; Wheeler, F. C.; Speers, M. A. Waist-to-hip ratio in a biracial population: Measurement, implications, and cautions for using guidelines to define high risk for cardiovascular disease. In: *Journal of American Diet Association*. 1995. Vol. 95. No. 1. p. 60-64.

CRUZ, H. S.; Gallego, A. Estudio de un sistema de extracción de saponina en el grano de quinua. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1982. 119 pp.

CUSACK, D. Quinoa: grain of the Incas. In: *Ecologist*. 1984. Vol. 14. p. 21-31.

DAVIDSON, M. H.; McDonald, A. Fibre: forms and functions. In: *Nutrition Research*. 1988. Vol. 18. p. 617-624.

DE BRUIN, A.; Investigation of the food value of quinoa and canihua seed. In: *Journal of Food Science*. 1964. Vol. 29. p. 872-876.

D'EGIDIO, M.G.; Mariani, B. M.; Nardi, S.; Novaro, P.; Cubadda, R.; Chemical and technological variables and their relationships. A predictive equation for pasta cooking quality. In: *Cereal Chemistry*. 1990. Vol. 67. p. 275-281.

DELGADO, A.; Palacios, J.; Betancourt, C. Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). En: *Agronomía Colombiana*. 2009. Vol. 27. No. 2. p. 159-167.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN – DNP. Consejo Nacional de Política Económica Social – CONPES 113. Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional – PSAN. 2008. Disponible en:
http://www.fao.org/righttofood/inaction/countrylist/Colombia/PoliticaNacionaldeSeguridadAlimentariayNutricional_2008.pdf

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA – DANE. Censo de población y vivienda. 2005.

DÍAZ-REALPE, J.; Muñoz-Martínez, J.; Sierra-Torres, C. Factores de riesgo para enfermedad cardiovascular en trabajadores de una institución prestadora de servicios de salud en Colombia. En: *Revista de Salud Pública*. 2007. Vol. 9. No. 1. p.64-75.

DICKINSON S.; Hancock, D.P.; Petocz, P.; Ceriello, A.; Brand-Miller, J. Highglycemic index carbohydrate increases nuclear factor-kappa B activation in mono-nuclear cells of young, lean healthy subjects. In: American Journal of Clinical Nutrition. 2008. Vol. 87. p. 1188-1193.

DYNER, L.; Drago, S.; Piñeiro, A.; Sánchez, H.; González, R.; Villaamil, E.; Valencia, M. E.; Composición y aporte potencial de hierro, calcio y zinc de panes y fideos elaborados con harinas de trigo y amaranto. En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2007. Vol. 57. No.1. p. 69-78.

EDES, T.E.; Shah, J. H. Glycemic index and insulin response to a liquid nutritional formula compared with a standard meal. In: Journal of American College of Nutrition. 1998. Vol. 17. P. 30-35.

ELLIS, P. R.; Wang, Q.; Rayment, P.; Ren, Y.; Ross-Murphy, S. B. Guar gum: Agricultural and botanical aspects, physiochemical and nutritional properties and its use in the development of functional foods. In: Handbook of dietary fiber. 2001. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. ISBN 978-0-8247-8960-2. p. 613-657.

ELIZALDE, A. Manual de prácticas: Tecnología de granos y semillas. Primera edición. Edición: Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2003. p. 76-82. ISBN: 9589475582.

ERLANDER, S. R.; Mcguire, J. P.; Dimler, R. J.; An Anomalous Low-Molecular-Weight, Branched Component in Dent Corn Starch. In: Cereal Chemistry. 1965. Vol. 42. No. 2. p. 175-187.

ESTRADA, A.; Li, B.; Laarveld, B.; Adjuvant action of Chenopodium quinoa saponins on the induction of antibody responses to intra gastric and intranasal administered antigens in mice. 1998. In: Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases. 1998. Vol. 21. No. 3. p. 225-236.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carbohidratos, proteínas y lípidos. En: Nutrición y Dietoterapia de, Krause. 10ª Edición. Editado por Mahan, K y Escott- Stump, S. Editorial M^c Graw Hill. México. 2001. 1274 pp.

FAO/OMS/ONU. Necesidades de energía y de proteínas. Informe de una reunión consultiva conjunta de expertos. Serie de Informes Técnicos 724, OMS. 1985.

FEILLET, P. Present knowledge on biochemical basis of pasta cooking quality. Consequence for wheat breeders. In: Science Alimentation. 1984. Vol. 4. p. 551-566.

FONSECA, C.A.; Calderón, S. E. Evaluación de la aplicación de aditivos y preservativos en el ensilaje de quinua forrajera (*Chenopodium quinoa*). Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1986. 165 pp.

FRIEDMAN, M.; BRANDON, D. L.; Nutritional and health benefits of soy proteins. In: Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001. Vol. 49. p. 1069-1086.

GALLAGHER, D.; Heymsfield, S. B.; Heo, M.; Jebb, S. A.; Murgatroyd, P. R.; Sakamoto, Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. In: American Journal of Clinical Nutrition. 2000. Vol. 72. No. 3. p. 694-701.

GALLEGOS-INFANTE, J. A.; Rocha-Guzmán, N. E.; González-Laredo, R. F.; Ochoa-Martínez, L. A.; Corzo, N.; Bello-Pérez, L. A.; Medina-Torres, L.; Peralta-Álvarez, L. E. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Food Chemistry. 2010. Vol. 119. p. 1544-1549.

GALWEY, N. W.; Leakey, C. L. A.; Price, K. R.; Fenwick, G. R. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: Food Science and Nutrition. 1990. Vol. 42F. p. 245-261.

GALWEY, N. W. Exploited plants – Quinoa. In: Biologist. 1989. Vol. 36. No. 5. p. 267-274.

GAN, J.; Rafael, L. G. B.; Cato, L.; Small, D.; Evaluation of the potential of different rice flours in bakery formulations. In: Proceedings of the 51st Australian Cereal Chemistry Conference. 2001. p. 309-312.

GARCÉS, A. Evaluación de germinados de maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y lenteja (*Lens culinaris*) y su influencia en índices productivos en la primera fase de postura en codornices (*Coturnix coturnix* japónica). Trabajo de grado. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto. 2008.

GATTÁS, V.; Barrera, G.; Leiva, L.; De la Maza, M. P.; Bunout, D.; Steenhout, P.; Klassen, P.; Voss, T.; Hirsch, S. Determinación de las índices glicémicos y de insulina en fórmulas para alimentación enteral en adultos sanos. En: Revista Médica de Chile. 2007. Vol. 135. P. 879-884.

GEE, J. M.; Price, K. R.; Ridout, I. T.; Johnson, I. T.; Fenwick, G. R. Effects of some purified saponins on transmural potential difference in mammalian small intestine. In: Toxicology In Vitro. 1989. Vol. 3. p. 85-90.

GIL, Ángel. Tratado De Nutrición. Tomo II. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Editorial Médica Panamericana. Madrid. 2010. ISBN: 978-84-9835-347-1.

GONZÁLEZ, J. A.; Roldán, A.; Gallardo, M.; Escudero, T.; Prado F. E.; Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium quinoa* ('quinoa'). In: Plant Foods Human Nutrition. 1989. Vol. 39. No. 4. p. 331-337.

GRANITO, M.; Torres, A.; Guerra, M. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. En: Interciencia. 2003. Vol. 28. No. 7. p. 372-379.

GUTIÉRREZ, R. H. Calidad nutricional de pastas de sémola de trigo y sustituidas con harina de pseudo-cereales. Documento de trabajo preparado en el marco del proyecto "Estrategias Para el Mejoramiento de las Alternativas de Transformación Agroindustrial de la Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd)". Bogotá. Julio 17 de 2011. 24 p.

- GUZMÁN, S.H. y Paredes, O. Productos Funcionales de Plantas autóctonas de Latinoamérica: amaranto, quinua, judías y plantas medicinales. En "Alimentos Funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado", Mazza, G. Editor. Editorial Acribia. Zaragoza (España). 1998. p. 291-299.
- HABER, T. A.; Seyan, A. A.; Banasik, O. J. Functional properties of some high protein product in pasta. In: *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 1978. Vol. 26. P. 1191–1194.
- HANNA, M. A.; Satterlee, L. D.; Thayer, K. W. Sensory and selected textural properties of pasta fortified with plant proteins and whey. *Journal of Food Science*. 1978. Vol. 43. p. 231.
- HERENCIA, L. I.; Alía, M.; González, J. A.; Urbano, P. Cultivo de la quinua (*Chenopodium Quinoa Willd.*) en la región Centro. En: *Vida Rural*. 1999. Año VI. No. 87. p. 28-33.
- HERRERA, G. Posibilidades de readaptación de la quinua en Colombia. Informe sobre el avance de la investigación. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1980. 85 pp.
- HIRSCH, S.; Barrera, G.; Leiva, L.; De la Maza, M. P.; Bunout, D. Índice Glicémico E Insulinémico De Dos Tipos De Pasta De Presentación Larga Y Corta En Individuos Sanos. En: *Revista Chilena de Nutrición*. 2010. Vol. 37. No. 4. p. 474-479.
- HODGE, S.; Osman, M.; Carbohydrates. In: *Food Chemistry, Principles of food science part 1*. First Edition. Marcel Dekker Inc. New York. USA. 1976. p. 102-114).
- HOEFLER, A. Sodium carboxymethyl cellulose. Chemistry, Functionality, and Applications. 2000. Disponible en: <http://www.herc.com/foodgums/index.htm>.
- HOLLAND, B.; Welch, A. A.; Unwin, I. D., Buss, D. H.; Paul, A. A.; Southgate, D. A. T. McCance and Widdowson's *The Composition of Foods*. Fifth Edition. Royal Society of Chemistry, Cambridge. 1991.
- HOSENEY, C. *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Acribia. Zaragoza, España. 1991. p.269-274.
- HSIEH, F.; Huff, H. E.; Lue, S.; Stringer, L. Twinscrew extrusion of sugar beet fiber and corn meal. In: *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 1991. Vol. 24. p. 495-500.
- INGUILAN, J.; Pantoja, G. Evaluación y selección de 16 selecciones promisorias de quinua dulce (*Chenopodium quinoa willd*) en el municipio de Córdoba, departamento de Nariño. Trabajo de grado. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Colombia. 2007.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR – ICBF. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. 2010. Disponible en: <https://www.icbf.gov.co/icbf/directorio/portel/libreria/php/03.03081103.html>

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Productos de molinería. Pastas alimenticias. NTC 1055. Bogotá, D. C.: El Instituto, 2007. 14 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Semolinas de Trigo Durum y pastas alimenticias. Estimación de la Calidad de Cocción de espagueti por análisis sensorial. NTC 5080. Bogotá, D. C.: El Instituto, 2002. 16 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. NTC 4657. Bogotá, D. C.: El Instituto, 1999.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por una aproximación multidimensional. NTC 3932. Bogotá, D. C.: El Instituto, 1996.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Alimentos y Materias Primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. NTC 668. Bogotá, D. C.: El Instituto, 1973. 8 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Publicación No. 54. Serie cuadernos azules. Caracas, Venezuela. 2001.
- INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS – INVIMA. Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológica de alimentos para consumo humano. Bogotá. 1998.
- INSUASTY, S. Evaluación y transferencia de tecnología para tres genotipos promisorios de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd) en los municipios de Iles y Córdoba del departamento de Nariño. Trabajo de grado. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Colombia. 2008.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Animal Feeding Stuffs – Determination of Moisture and other volatile matter content. ISO 6496:1999. 7 p.
- INTERNATIONAL PASTA ORGANIZATION. Producción y consumo de pastas alimenticias en el mundo. Junio, 2011. Disponible en:
<http://www.internationalpasta.org/index.php?cat=8&item=120&lang=1>
- JACOBSEN, S. E.; Dini, I.; Schettino, O.; Tenore, G.; Dini, A. Isolation and characterization of saponins and other minor components in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: Proceedings of COST 814 Conference, Crop Development for Cool and Wet Regions of Europe, Pordenone, Italy, May 10-13. 2000. p. 537-540.
- JACOBSEN, S. E.; Jorgensen, I.; Stolen, O. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperature climatic conditions in Denmark. In: Agricultural Science. 1994. Vol. 122. p. 47-52.
- JAY-LIN, J. Structural Features of Starch Granules II. In: Starch, Chemistry and Technology. Third Edition. Elsevier Inc. USA. 2009. ISBN: 978-0-12-746275-2.

JENKINS, D. J.; Wolever, T. M.; Leeds, A. R.; Gassull, M. A.; Haisman, P.; Dilawari, J.; Goff, D. V.; Metz, G. L. Albery dietary fibres, fiber analogues, and glucose tolerance: importance of viscosity. In: *British Medical Journal*. 1978. Vol. 1. p. 1392-1394.

JENKINS, D.J.; Kendall, C. W.; Augustin, L. S.; Franceschi, S.; Hamidi, M.; Marchie, A.; Jenkins, A. L.; Axelsen, M. Glycemic index: overview of implications in health and disease. In: *American Journal of Clinical Nutrition*. 2002. Vol. 76. p. 266S-273S.

JIMÉNEZ, G. Evaluación de la posible actividad insecticida del extracto de granos de *Chenopodium quinoa* Willd., sobre *Sitophilus oryzae* L., en granos almacenados de maíz, arroz y sorgo. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1995. 123 pp.

JOHNSON, D. L.; Ward, S. M. In: Janick, J. Simon, J. E. (Eds.), *Quinoa. New Crops*. Wiley. New York. 1993. p. 222-227.

JOHNSON, I. T.; Gee, J. M.; Price, K. R.; Curl, C. L.; Fenwick, G. R. Influence of saponins on gut permeability and active nutrient permeability in vitro. 1986. In: *Journal of Nutrition*. Vol. 116. p. 2270-2277.

KENT, N. Pasta and whole grain foods. In: *Technology of Cereals*. Oxford: Pergamon Press. 4rd edition. 1994. p. 233 - 243.

KILL, R.C; Turnbull, K. *Pasta and Semolina Technology*. Blackwell Science. Oxford. England. 2001. ISBN 0-632-05349-6

KIM, S. Y.; Wiesenborn, D. P.; Orr, P. H.; Grant, L. A. Screening potato starch for novel properties using differential scanning calorimetry. In: *Journal of Food Science*. 1995. Vol. 60. p. 1060-1065.

KNUCKLES, B. E.; Hudson, C. A.; Chiu, M. M.; Sayre, R. N. Effect of b-glucan barley fractions in high-fiber bread and pasta. In: *Cereal Food World*. 1997. Vol. 42. No. 22. p. 94-99.

KOMLENIC, D.; Ugarcic-Hardi, Z.; Jukic, M. Sensory properties of hydrocolloid-enriched pasta from two flour types of *Triticum aestivum* wheat. In: *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. 2006. Vol. 102. p. 368-372.

KOZIOL, M. J. Composición química. En: Wahli, C. (Eds.), *Quinoa, hacia su cultivo comercial*. Latinreco S.A., Casilla 17-110-6053. Quito. Ecuador. 1990. p. 137-159.

KOZIOL, M. J. Chemical composition and nutritional value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) In: *Journal of Food Composition Analysis*. 1992. Vol. 5. p. 35-68.

KOZIOL, M. J. In: Janick, J., Simon, J. E. (Eds.), *Quinoa: A potential New Oil Crop*. New Crops. Wiley, New York. 1993. p. 328-336.

KRISTENSEN, M.; Jensen, M. G.; Riboldi, G.; Petronio, M.; Bügel, S.; Toubro, S.; Tetens, I.; Astrup, A. Who-legrain vs. refined wheat bread and pasta. Effect on postprandial glycemia, appetite, and subsequent ad libitum energy intake in young healthy adults. In: *Appetite*. 2010. Vol. 54. p. 163-169.

KRUEGER, B. R.; Knutson, C. A.; Inglett, G. E.; Walker, C. E. A differential scanning calorimetry study on the effect of annealing on gelatinization behavior of corn starch. In: *Journal of Food Science*. 1987. Vol. 52. p. 715-718.

LAMACCHIA C.; Baiano, A.; Lamparelli, S.; Padalino, L.; La Notte, E.; Di Luccia, A. Study on the interactions between amylose and semolina proteins during pasta making. In: *Food Research International*. 2010. Vol. 43. p. 1049–1056.

LANSKY, S.; Kooi, M.; Schoch, T. J.; Properties of the Fractions and Linear Subfractions from Various Starches. In: *Journal of the American Chemical Society*. 1949. Vol. 71. p. 4066-4075.

LARES, M.; Velazco, Y.; Brito, S.; Hernández, P.; Mata, C. Evaluación del estado nutricional en la detección de factores de riesgo cardiovascular en una población adulta. En: *Revista Latinoamericana de Hipertensión*. 2011. Vol. 6. No. 1. p. 8-13.

LEGISCOMEX. Base de datos Importaciones - Exportaciones. 2010. <http://www.legiscomex.com/>

LOPEZ DE ROMANA, G.; Graham, G.; Rojas, M.; MacLean, W. Digestibilidad y calidad proteínica de la quinua: estudio comparativo, en niños, entre semilla y harina de quinua. En: *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 1981. Vol. 31. No. 3. p. 485–497.

LORENZ, K.; Coulter, L. Extruded corn grits-quinua blends I. Proximate composition, nutritional properties and sensory evaluation. In: *Journal of Food Processing and Preservation*. 1991. Vol. 15. No. 4. p. 231–242.

MACDONALD, K.; Lowe, J.; Barker, D.; Mensch, M.; Attia, J. Effect of popular takeaway foods on blood glucose levels in type 1 diabetes mellitus patients on intensive insulin therapy. In: *International Journal of Clinical Practices*. 2009. Vol. 63. p. 189-194.

MAIGUAL, E.; Rodríguez, L. Evaluación de la quinua (*Chenopodium quinoa willd*) como suplemento líquido para la alimentación de lechones lactantes en comparación con harina de torta de soya y yogurt. Trabajo de grado. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto. 2006.

MALKKI, Y.; Trend in dietary fibre research and development – a review. In: *Acta Alimentaria*. 2004. Vol. 33. p. 39-62.

MANINGAT, C.C.; Seib, P. A.; Bassi, S. D.; Woo, K. S.; Lasater, G. D. *Starch: Chemistry and Technology*. Third Edition. 2009. p. 441-510. ISBN: 978-0-12-746275-2.

MANSER, J. Optimale parameter für die teigwarenherstellung am Beispiel von Langwaren. In: *Getreide Mehl Brot*. 1981. Vol. 35. No. 3. p. 75-83.

MARCONI, E.; Carcea, M. Pasta from non traditional materials. In: *Cereal Food World*. 2001. Vol. 46. p. 522-530.

MARIOTTI, M.; Iametti, S.; Cappa, C.; Rasmussen, P.; Lucisano, M. Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. In: *Journal of Cereal Science*. 2011. Vol. 53. p. 319-327.

MARTI, A.; Seetharaman, K.; Pagani, M. Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. In: *Journal of Cereal Science*. 2010. p. 1-6.

MASSON; Mella. *Materias grasas de consume habitual y potencial en Chile*. Ed. Universitaria. Santiago. 1985. p. 23.

MASTERBROEK, H. D.; Limburg, H.; Gilles, T.; Marvin, H. J. P. Occurrence of saponins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: *Journal of Science of Food Agricultural*. Vol. 80. No. 1. p. 152-156.

MENGER, A. *Infuenza della materia prima e del procedimento sulla qualità della pasta alimentare*. In: *Tecnica Molitoria*. 1977. p. 28.

MEYHUAY, M. *Quinoa: postharvest operations*. Ed. AGSI/FAO. Instituto de Desarrollo Agroindustrial. 2000.

MONTOYA, A.; Biancha, L.; Peralta, J. *Análisis de las Variables Estratégicas para la Conformación de una Cadena Productiva de Quinoa en Colombia*. En: *Innovar*. No. 25. Universidad Nacional De Colombia. 2005. p. 103-120.

MONTOYA, H.; Roa, J. *Comportamiento de diecinueve colecciones de quinoa *Chenopodium quinoa*, en tres localidades de la Sabana de Bogotá y el Páramo de Sumapaz*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1985. 165 pp.

MOUNTS, T. L.; Anderson, R. A. *Corn oil production, processing and use*. In: Barnes, P. J. (Ed.), *Lipids in Cereal Technology*. Academic Press, New York. 1983. p. 373-387.

MUJICA, A.; Izquierdo, J.; Marathe, J. *Origen y descripción de la quinoa*. En: *Quinoa, Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. Santiago de Chile. Chile. 2001.

NIELSEN, M. A.; Sumner, A. K.; Whalley, L. L. *Fortification of pasta with pea flour and air-classified pea protein concentrate*. In: *Cereal Chemistry*. 1980. Vol. 57. p. 203-206.

NOSSA, A.; Garzón, D. *La quinoa en la alimentación de las codornices*. Tesis de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1976. 61 pp.

OAKENFULL, D.; Sidhu, G. S. *Could saponins be a useful treatment for hypercholesterolaemia?* 1990. In: *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 44. p. 79-88.

OGUNGBENLE, H. N.; Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. In: *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2003. Vol. 54. No. 2. p. 153-158.

OLIVER, J. R.; Blakeney, A. B.; Allen, H. M. The colour of flour streams as related to ash and pigment contents. In: *Journal of Cereal Science*. 1993. Vol. 17. p. 169-182.

OSHODI, A. A.; Ogungbenle, H. N.; Oladimeji, M. O. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (*Sesamum radiatum*), pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours. In: *International Journal of Food Science and Nutrition*. Vol. 50. No. 5. p. 325-331.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud. 57^a Asamblea Mundial de Salud. 2004.

OVIEDO, G.; Morón de Salim, A.; Solano L. Indicadores antropométricos de obesidad y su relación con la enfermedad isquémica coronaria. In: *Nutrición Hospitalaria*. 2006. Vol. 21. No. 6. p.694-698.

PAGANI, M. A.; De Noni, I.; Resini, P.; Pellegrino, L. Processing and heat damage of dry pasta. In: *Tecnica Molitoria*. 1986. Vol. 47. p. 345–361.

PAGANI, M.; Luciano, M.; Mariotti, M. Traditional Italian Products form Wheat and Other Starchy Flours. In: *Handbook of Food Products Manufacturing: Principles, bakery, beverages, cereals, cheese, confectionary, fats, fruits and functional foods*. Wiley-Interscience. 2007. ISBN 978-0-470-12525-0.

PARRA, H. J.; Herrera, J. Diseño y construcción de un modelo de prueba de una máquina trilladora de quinua. Tesis de grado. Facultad de Artes, Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1986.

PERESSINI, D.; Sensidoni, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. In: *Journal of Cereal Science*. 2009. Vol. 49. p. 190-201.

PERLIN, A. S.; Radiochemical Evidence for Heterogeneity in Wheat Starch. In: *Canadian Journal of Chemistry*. 1958. Vol. 36. No. 5. p. 810-813.

PETITOT, M.; Boyer, L.; Minier, C.; Micard, V. Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. In: *Food Research International*. 2010. Vol. 43. p. 634–641.

PI SUNYER, F. Glycemic index and disease. In: *American Journal Clinical Nutrition*. 2002. Vol. 76. p. 290S-298S.

POPENOE, H.; King, S. R.; Leon, J.; Kalinowski, L. S. Lost Crops of the Incas. In: Vietmeyer, N. D. (Ed.). *Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*. National Academy Press, Washington. 1989.

- PORTESI G. L'industria della pasta alimentare. Editrice Molini d'Italia. Roma. 1957. 412 p.
- PREGO, I.; Maldonado, S.; Otegui, M.; Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. In: *Annals of Botany*. 1998. Vol. 82. No. 4. p. 481-488.
- RADULIAN, G., Rusu, E.; Dragomir, A.; Posea, M. Metabolic effects of low glycaemic index diets. In: *Nutrition Journal*. 2009. Vol. 29. 8:5.
- RAYAS-DUARTE, C.; Mock, C.; Satterlee, L. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth and lupin flours. In: *Cereal Chemistry*. 1996. Vol. 73. p. 381-387.
- REPO-CARRASCO, R.; Espinozas, C.; Jacobsen, S. E.; Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). In: *Food Review International*. 2003. Vol. 19. No. 1-2. p. 179-189.
- RESMINI, P.; Pagani, M. A. Ultrastructure studies of pasta. A review. In: *Food Microstructure*. 1983. Vol. 2. p. 1-12.
- RESMINI, P.; Volontario, G.; Saracchi, S.; Piergiovanni, L. Caratteri chimici e nutrizionali di paste alimentari integrate con proteine non convenzionali. In: *Rivista della Società italiana di scienze dell'alimentazione*. 1975. Vol. 4. p. 321-330.
- REYES, Luz Marina; Corredor, Guillermo. Uso y potencial de la quinua en Colombia. En: *Potencial de la quinua en diferentes países. Memorias. Primer Taller Internacional En Quinoa: Recursos Genéticos Y Sistemas De Producción*. Lima, Perú. 2003.
- ROBERFROID, M. B. Dietary fiber, inulin, and oligofructose – a review comparing their physiological effects. In: *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 1993. Vol. 33. p. 103-148.
- ROMERO, J. A.; Corredor, G. A.; Harinas compuestas. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1995. 12 pp.
- ROMERO, J.A. Influencia de la expansión y texturización de la quinua sobre su valor nutritivo. Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1978. 120 pp.
- ROMO, S.; Rosero, A.; Forero, C.; Cerón, E.; Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad piartal en los Andes colombianos. Primera Parte. En: *Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca*. 2006. Vol. 4 No. 1. p. 112-125.
- RUALES, J.; Nair, B. M. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. In: *Plant Foods Human Nutrition*. 1992. Vol. 42. p. 1-12.
- SANZ, J. C.; Gallego, R. *Diccionario del Color*. Ediciones Akal. Madrid, España. 2001. p. 239-243.

SCHOPPET, E. F.; Sinnamon, H. I.; Talley, F. B.; Panzer, C. C.; Aceto, N. C. Macaroni enrichment with dairy-based protein sources. In: *Journal of Food Science*. 1979. Vol. 44. p. 296–297.

SERVENTI, S.; Sabban, F. *La pasta. Storia e cultura di un cibo universale*. Editori Laterza. Roma. 2000. 515 p.

SHANNON, J.; Garwood, D. L.; Boyer, C. D. Genetics and physiology of starch development. In: *Starch, Chemistry and Technology*. Third Edition. Elsevier Inc. USA. 2009. ISBN: 978-0-12-746275-2.

SIFONTES, Y.; Patiño, E.; Mogollón, E.; Garófalo, M. R. Recetas estandarizadas: Aproximación al aporte nutricional de algunas preparaciones de consumo frecuente. En: *Anales Venezolanos de Nutrición*. 2000. Vol. 13. No. 1. p. 223-239.

SISSONS, M. Pasta. In: *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Ltd. 2004. p. 409-418.

TAKEDA, Y.; Tomooka, S.; Hizukuri, S.; Structures of branched and linear molecules of rice amylose. In: *Carbohydrate Research*. 1993. Vol. 246. p. 267-272.

TORRES, A.; Frias, J.; Granito, M.; Vidal-Valverde, C. Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. In: *Food Chemistry*. 2007. Vol. 101. p. 202-211.

TROCCOLI, A.; Borrelli, G. M.; De Vita, P.; Fares C.; Di Fonzo, N. Durum Wheat Quality, A Multidisciplinary Concept. In: *Journal of Cereal Science*. 2000. Vol. 32. p. 99-113.

TUDORICA, C. M.; Kuri, V.; Brennan, C. S. Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fibre enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. p. 347-356.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Handbook 8-20. Revised Edition. 1989.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. World Wheat Production, Consumption and Stock. November 2011. <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=World+Wheat+Production%2c+Consumption%2c+and+Stocks>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – MINISTERIO DE AGROPECUARIO Y DESARROLLO RURAL. Estudio de Preinversión Alianza Quinua en Boyacá. En: *Proyecto Apoyo Alianzas Productivas*. Bogotá, D.C. 2005.

URIBE, R. J.; VIÑA, C. J. Evaluación de germoplasma de quinua en la Sabana de Bogotá. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 1981. 87 pp.

VELAZCO, Y. Evaluación del consumo de alimentos como campo de investigación en Venezuela. Aspectos técnicos y metodológicos. En: Revista Tribuna del Investigador. 2009. Vol. 10. No. 1-2. p. 1-26.

VELEZ, R.; Romero, S. Estudio químico de la quinua y factibilidades geográficas para su producción en el departamento del Cauca. Trabajo de grado. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales. Popayán. 1994.

VILCHE, C.; Gely, M.; Santalla, E. Physical Properties of Quinoa Seeds. In: Biosystems Engineering. 2003. Vol. 86. No. 1. p. 59-65.

WILSON, H. D. *Chenopodium quinoa* Willd.: variation and relationships in southern South America. In: National Geographic Society and Research Reports. 1985. Vol. 19. p. 711-721.

WOLEVER, T. M. S.; Jenkins, D. J. A. The use of the glycemic index in predicting the bloodglucose response to mixed meals. In: American Journal of Clinical Nutrition. 1986. Vol. 43. p. 167-172.

WOOD, J. Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. In: Journal of Cereal Science. 2009. Vol. 49. p. 128–133.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2000.

WRIGHT, K. H.; Huber, K. C.; Fairbanks, D. J.; Huber, C. S. Isolation and characterization of *Atriplex Hortensis* and sweet *Chenopodium quinoa* starches. In: Cereal Chemistry. 2002. Vol. 79. No. 5. p. 715-719.

WU, Y. Protein-enriched spaghetti fortified with corn gluten meal. In: Journal Agriculture Chemistry. 2001. Vol. 49. p. 3906-3910.

YU, L. J. Noodle dough rheology and quality of instant fried noodles. MSc Thesis. Department of Bioresource Engineering Macdonald Campus, McGill. University Montreal, Quebec. 2003.

ZARDETTO, S.; Dalla Rosa, M. Effects of extrusion process on properties of cooked, fresh egg pasta. In: Journal of Food Engineering. 2009. Vol. 92. p. 70-77.

ANEXOS

ANEXO A Ficha Técnica Sémola de Trigo

	PRODUCTOS ALIMENTICIOS LA MODERNA	MANUAL
	ESPECIFICACION	MESP-001
		EMISION: 24/09/2010

SÉMOLA DE TRIGO CRISTALINO

Descripción General: Producto de color amarillo claro, libre de alores, obtenido de la molinda de trigo cristalino (T. Durum) de la cosecha más reciente, con la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura.

Declaración de Ingredientes: Sémola 100% de trigo cristalino con o sin micronutrientes.

Presentación: A granel y Sacos de 50, 44 ó 25 kg. (Polipropileno ó papel)

Vida de Anaqueil: Hasta ó meses en condiciones favorables

Características Físicas y Químicas	Unidad	Valor Objetivo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Referencia Análisis
Humedad	%	14.0	14.50		AACC 44-19
Proteína (base seca)	%	11.5		11	NIR 9140
Cenizas (base húmeda)	%	0.77	0.825		AACC 08-12
Gluten húmedo	%	30		24	AACC-38-10
Granulometría	%				AACC 66-20
425 micrones (40)		0	1%		Ro-tap
250 micrones (60)		35	50%		
180 micrones (80)		20	35%		
150 micrones (100)		5	15%		
Plato		10	25%		
Color y sabor		Característicos			Sensorial
Color Índice "b"		23.5 *			MINOLTA CR-400
Pecas No./dm ²	No./Dm ²		350		Interno
Puntos Negros	No./Dm ²	0	10		Interno
Microbiología					
Cuenta total de mesófilos aerobios	UFC/gr	5000	50,000		NOM
Cuenta total de Coliformes Totales	UFC/gr	<10	100		
Hongos y Levaduras	UFC/gr	100	300		
Escherichia Coli	UFC/gr	<0.3 col/gram	Negativo		
Staphylococcus aureus	UFC/gr	<10 col/gram	Negativo		
Muestra Extraña					
Fragmentos de Insectos	Por 50 g	30	50		NOM
Pelo de roedor	Por 50 g	Ninguno	Ninguno		
Micronutrientes**					
Tiamina	mg/lb	4.5	5	4	FDA
Riboflavina	mg/lb	2.0	2.2	1.7	
Niacina	mg/lb	30	34	27	
Hierro	mg/lb	14.5	16.5	13.0	
Acido Fólico	mg/lb	1.0	1.2	0.9	

*El valor de índice b puede variar.

**La adición de micronutrientes puede ser modificada a petición del cliente.

ANEXO B

Ficha Técnica Harina de Quinua

HOJA TÉCNICA HARINA DE QUINUA

DESCRIPCIÓN: Producto de la molienda de los granos secos y desaponificados de quinua de las variedades Aurora y Blanca Jericó. Polvo amarillo claro, libre de olores o materiales extraños.

PRESENTACIÓN: sacos de papel kraft por 5, 10 o 50 lb.

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS:

PARÁMETRO	<i>Q. AURORA</i>	<i>Q. BLANCA JERICÓ</i>
Humedad	8.85±0.16	8.59±0.15
Grasa	5.22±0.19	5.38±0.07
Proteína	9.41±0.56	10.83±0.08
Fibra	1.44±0.15	1.65±0.03
Cenizas	2.00±0.04	2.06±0.03
Carbohidratos	81.94±0.34	80.10±0.12

Tamaño de partícula: 0,5 mm (Tamiz No. 35 (US)).

ANEXO C

Ficha Técnica Almidón de Maíz Pregelatinizado (CIMPA S. A. S.)



Insumos y tecnología para la industria alimentaria

ALMIDON MODIFICADO TIPO ARGO

1. DEFINICIÓN

Almidón modificado tipo argo, es almidón de maíz alimenticio, químicamente modificado para mejorar las condiciones para la formación de gel y fluidez, presentando una viscosidad de la pasta cocida más baja que el almidón natural.

2. CONDICIONES GENERALES

El almidón o fécula de maíz de mediana fluidez, se presenta en forma de polvo fino, blanco, libre de partículas negras, suciedad y otras impurezas visibles e inoloro. La pasta cocida en caliente, presenta baja viscosidad, al enfriarse, mantiene las propiedades de formación de gel firme. Gracias a su tratamiento químico es especialmente adecuado para uso en la industria alimenticia, en especial en confitería.

3. PRESENTACIÓN

Sacos de papel kraft por 25 kilos.

4. USOS

Entre los múltiples usos del almidón de maíz modificado de fluidez mediana se encuentra:

- En la industria confitera, como reemplazo parcial de la goma arábica.
- Recubrimiento de gomas de mascar
- Adicionalmente es utilizado en la fabricación de Arequipe.

Av. Américas No. 63-05
PBX: 420 20 97
Bogotá

cimpa@cimpaltda.com
www.cimpaltda.com

Parque Agroindustrial de Occidente
Bod. 97 /98 - Tel. 091 894 8228
Mosquera



Insumos y tecnología para la industria alimentaria

5. VIDA ÚTIL

Vida útil de 12 meses, si se almacena adecuadamente, conserva todas sus propiedades físicas y químicas.

6. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Olor: Inoloro
Textura: Polvo fino
Color: Blanco

7. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

REQUISITOS	LÍMITES
-Ph	5.0 – 7.0
-Humedad, en % en masa, máx.	13.0 %

8. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO

REQUISITOS	LÍMITES
Mesófilos aerobios ufc/g Máx	1000
Hongos y levaduras ufc/g Máx	400
E.Coli	Negativo
Salmonella y Shigella	Negativo

Elaborado por	Revisado por
Dina Herrera Blanco.	Jairo Gómez Gómez
Investigación y Desarrollo	Asesor Técnico
11 de Marzo de 2010	

Av. Américas No. 63-05
PBX: 420 20 97
Bogotá

cimpa@cimpaltda.com
www.cimpaltda.com

Parque Agroindustrial de Occidente
Bod. 97 /98 - Tel. 091 894 8228
Mosquera

ANEXO D
Ficha técnica Carboximetil celulosa (CIMPA S. A. S.)



Insumos y tecnología para la industria alimentaria

PRODUCT DESCRIPTION - PD 225090-2.9EN

Material no. 623310

GRINDSTED® Cellulose gum BEV 350 (CM)

Description

GRINDSTED® Cellulose gum BEV 350 is a highly purified sodium carboxymethylcellulose. GRINDSTED® Cellulose gum BEV 350 is a white to off-white, odourless fine powder, soluble in water. It has been specifically designed for beverage application, and gives its best results in Juices, Squashes and Syrups. It can also be used in instant powder.

Potential benefits

- Easy dispersion, recommended for instant powders drinks applications
- Improve texture of low or no fruit content juice drinks
- Gives crystal clear appearance in pulp free applications
- Improve emulsion stability (limit "oil ring" occurrence in the bottleneck)
- Compatible with low pH / acidic beverage

Usage levels

The following general guidelines can be given for beverage: 0.05-0.20% (based on the ready to drink beverage)

Directions for use

Specific formulations and processing recommendations may be obtained on request.

Composition

- Sodium Carboxymethylcellulose (purity: 99.5% min.) - E466

Physical/chemical specifications

(Methods of analysis available on request)

Loss on drying	max. 8.0 %
pH	6.5-8.5
Degree of substitution	0.80-1.00
Viscosity (Brookfield, 1%)	3000-5000 mPa.s
Assay	min. 99.5 %
AVR	min. 65 %
Gel Particles	max. 20 points/cm2

Microbiological specifications

Total plate count	max. 1,000 /g
Yeast and mould	max. 100 /g
Coliforms	absent in 1 g
Salmonella	absent in 25 g

Heavy metal specifications

Arsenic (as As)	max. 2 mg/kg
Lead (Pb)	max. 2 mg/kg
Heavy metals (as Pb)	max. 15 mg/kg

Nutritional data

(Approximate values for nutrition labelling per 100 g)

Energy (kcal)	0
Energy (kJ)	0
Protein	0 g
Carbohydrate	0 g
- of which sugars	0 g
Fat	0 g
- of which saturates	0 g
Fibre	85 g
Sodium	<10 g

Storage

Store cool and dry. Temperature Max. 40°C, with a Relative Humidity < 80%.

Shelf life is 24 months from the date of production.

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.



Insumos y tecnología para la industria alimentaria

PRODUCT DESCRIPTION - PD 225090-2.9EN

Material no. 623310

GRINDSTED® Cellulose gum BEV 350 (MC)

Packaging

Heavy-duty, poly-lined bags of 25 kg (55.1 lbs.)

Purity and legal status

GRINDSTED® Cellulose gum BEV 350 meets the specifications laid down by the FAO/WHO, the EU regulation on food additives, and the US Food Chemical Codex.

Local food regulations should always be consulted concerning the status of this product, as legislation regarding its use in food may vary from country to country. Advice regarding the legal status of this product may be obtained on request.

Safety and handling

A Material Safety Data Sheet (MSDS) is available on request.

Country of origin

China

Kosher status

A Kosher Certificate is available on request.

Halal status

A Halal Certificate is available on request.

Allergens

Below table indicates the presence (as added component) of the following allergens and products thereof:

Yes	No	Allergens	Description of components
	X	Cereals containing gluten	
	X	Crustaceans	
	X	Eggs	
	X	Fish	
	X	Peanuts	
	X	Soybeans	
	X	Milk (including lactose)	
	X	Nuts	
	X	Celery	
	X	Mustard	
	X	Sesame seeds	
	X	Sulphur dioxide and sulphites (> 10 mg/kg)	
	X	Lupin	
	X	Molluscs	

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any

ANEXO E BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Balances de materia: Los balances de materia se presentan para los procesos de mezcla/extrusión y secado para los componentes principales del sistema: agua, aire y pasta.

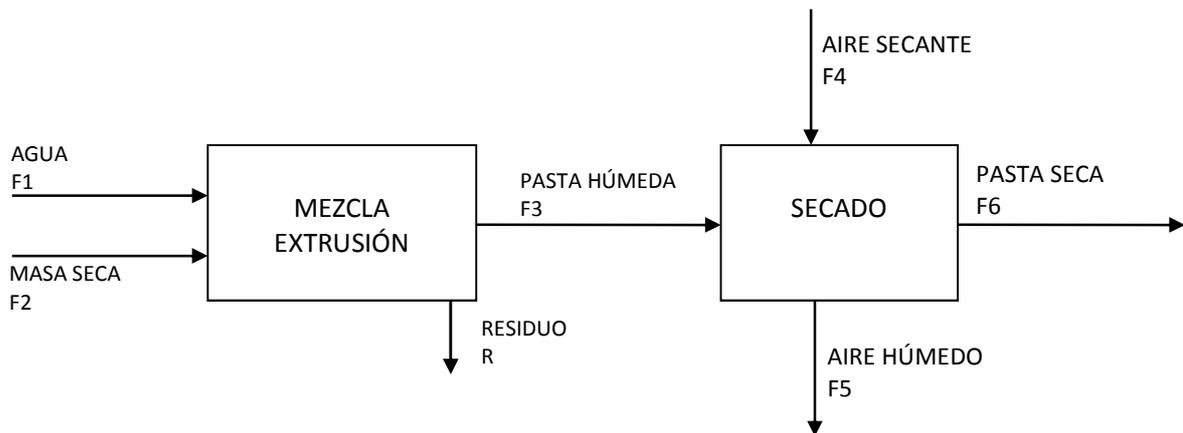


Figura 13: Diagrama del balance de materia.

F: flujo másico

X: Fracción másica de agua

Balance de agua para el proceso de mezcla/extrusión:

$$X_{AGUA}^1 * F^1 + X_{AGUA}^2 * F^2 = X_{AGUA}^3 * F^3 + X_{AGUA}^R * R$$

Balance de agua para el proceso de secado:

$$X_{AGUA}^3 * F^3 + X_{AGUA}^4 * F^4 = X_{AGUA}^5 * F^5 + X_{AGUA}^6 * F^6$$

Balance de aire en el proceso de secado:

$$X_{AIRE}^4 * F^4 = X_{AIRE}^5 * F^5$$

Balance de pasta para el proceso de mezcla/extrusión:

$$(1 - X_{AGUA}^2) * F^2 = (1 - X_{AGUA}^3) * F^3 + (1 - X_{AGUA}^R) * R$$

Balance de pasta para el proceso de secado:

$$(1 - X_{AGUA}^3) * F^3 = (1 - X_{AGUA}^6) * F^6$$

Balance total:

$$F^1 + F^2 = F^3 + R$$

$$F^3 + F^4 = F^5 + F^6$$

Balances de energía: El balance de energía corresponde al de tres procesos: la mezcla, la extrusión y el secado, teniendo en cuenta la potencia de entrada suministrada por la corriente eléctrica y los motores para el agitador en la tolva, para el tornillo en la extrusión y para el ventilador y intercambiador de calor en el secador. La transferencia de calor para el secado de la pasta es por el mecanismo de convección. Se plantean las pérdidas de calor por convección al medio ambiente y por radiación a las paredes del equipo.

Balance de energía del proceso de mezcla:

$$P_{eléctrica} + \dot{m}_{agua} * h_{agua} + \dot{m}_{sémola} * h_{sémola} + \dot{m}_{quinua} * h_{quinua} + \dot{m}_{aditivo} * h_{aditivo} = \dot{W} + \dot{m}_{mezcla} * h_{mezcla}$$

$$P_{eléctrica} = \eta * I * V$$

$$h_{agua} = C_{P\ agua} (T_{entrada} - T_0)$$

$$h_{sémola} = C_{P\ sémola} (T_{entrada} - T_0)$$

$$h_{quinua} = C_{P\ quinua} (T_{entrada} - T_0)$$

$$h_{aditivo} = C_{P\ aditivo} (T_{entrada} - T_0)$$

$$h_{mezcla} = C_{P\ mezcla} (T_{salida} - T_{entrada})$$

Balance de energía del proceso de extrusión:

$$P_{eléctrica} + \dot{m}_{mezcla} h_{mezcla\ entrada} = \dot{W} + \dot{m}_{mezcla} * h_{mezcla\ salida}$$

$$P_{eléctrica} = \eta * I * V$$

$$h_{mezcla\ entrada} = C_{P\ mezcla} (T_{entrada\ tornillo} - T_{salida\ a\ la\ mezcla})$$

$$\dot{W} = P_{eléctrica} * d$$

$$h_{mezcla\ salida} = C_{P\ mezcla} (T_{salida\ tornillo} - T_{entrada\ tornillo})$$

Balance de energía del proceso de secado:

$$P_{eléctrica} + Q_{Pasta-entrada} + Q_{Aire-entrada} = Q_{Pasta-salida} + Q_{Aire-salida} + Q_{Pérdidas}$$

$$P_{eléctrica} = \eta * I * V$$

$$Q_{Pasta-entrada} = \dot{m}_{mezcla} C_{P\ mezcla} (T_{mezcla\ entrada} - T_0)$$

$$Q_{Aire-entrada} = \dot{m}_{Aire} h_{Aire\ entrada}$$

$$h_{Aire\ entrada} = C_{P\ Aire} (T_{Aire\ entrada} - T_0) + \lambda$$

$$Q_{Pasta-salida} = \dot{m}_{Pasta} C_{Pasta} (T_{Pasta\ salida} - T_{mezcla\ entrada})$$

$$Q_{Aire\ salida} = \dot{m}_{Aire} h_{Aire\ salida}$$

$$h_{Aire\ salida} = C_{P\ Aire} (T_{Aire\ salida} - T_{Aire\ entrada})$$

$$Q_{Pérdidas} = Q_{Radiación} + Q_{Convección}$$

$$Q_{\text{Radiación}} = 5,6703 * 10^{-8} \varepsilon (T_{\text{Pared}}^4 - T_{\infty}^4)$$

$$Q_{\text{Convección}} = h_c * A * (T_{\text{Pared}} - T_{\infty})$$

donde,

$P_{\text{eléctrica}}$ = Potencia eléctrica

η = eficiencia

I = Corriente eléctrica

V = Voltaje

h = Voltaje

C_p = Capacidad calorífica

T = Temperatura

\dot{m} = flujo másico

ε = constante de Stefan – Boltzmann

h_c = coeficiente de trnasferencia de calor por convección

A = área de transferencia de calor por convección al medio ambiente

**ANEXO F
FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
EVALUACIÓN SENSORIAL**

NOMBRE _____ FECHA _____

Por favor ordene, en cada parámetro, califique cada una de las muestra, de acuerdo al siguiente formato.

PUNTAJE DE LOS FACTORES DE CALIDAD DE PASTAS ALIMENTICIAS

Apariencia y color

- 5 – Entera, no pegajosa, color uniforme, café brillante hasta blanco amarillento.
- 4 – Se rompe fácilmente, color no homogéneo, color crema con gris blancuzco, punto o manchas oscuras, muy partida.
- 3 – Pegajosa, decolorada.
- 2 – Expansión exagerada.
- 1 – Deformada, flácida, color gris.

Sabor y aroma

- 5 – Característico, a cereal cocido.
- 4 – Insípido.
- 3 – Débil, sabor a crudo, a harina.
- 2 – Viejo, dulce, ácido.
- 1 – Rancio, agrio, a moho.

Textura

- 5 – Consistente, no pegajosa, se extiende con facilidad, elástica.
- 4 – Bastante consistente y levemente pegajosa
- 3 – 2 – Suave, pegajosa, poco elástica.
- 1 – Muy blanda y pegajosa.

Superficie al tacto y mordida (sensación bucal)

- 3 – Lisa, firme.
- 2 – 1 – Mucilaginosa, granosa, pegajosa, harinosa, blanda.
- 0 – Viscosa, se aglutina, pastosa, dura.

Tabla de calificación

Característica	Puntaje máximo	Número de muestra											
Apariencia y color													
Aroma y sabor													
Textura													
Superficie al tacto y mordida													

Observaciones _____

Gracias por su participación

**ANEXO G
EVALUACIÓN NUTRICIONAL**

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha: _____ Nro de Historia: _____

Nombre: _____ Apellidos: _____

Edad: _____ Sexo: _____

Dirección: _____

Teléfono de Habitación: _____ Teléfono Celular: _____

Antecedentes:

Hábitos tabaquicos: Si: _____ No: _____

Sedentarismo: Si: _____ No: _____

Hipertensión: Si: _____ No: _____

Dislipidemia: Si: _____ No: _____

Colesterol Total: _____ HDL bajo: _____ LDL alto: _____ Triglicéridos altos: _____

Tratamiento:

Fármaco	Dosis	Tiempo de administración

Examen Físico:

Peso: _____ kg Talla: _____ IMC: _____ kg/mt²

Circunferencia Abdominal: _____ cms TA _____ mmHg

Consumo alcohol:

Consumo antioxidantes o antiagregantes plaquetarios:

Otros:

**ANEXO H
EVALUACIÓN NUTRICIONAL**

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____, CI _____
Mayor de edad y de este domicilio, hago constar que deseo participar de forma libre y voluntaria en la realización del Trabajo de Investigación titulado: “ EVALUAR EL EFECTO DEL CONSUMO DE PASTA ELABORADA A PARTIR DE MEZCLAS DE SÉMOLA DE TRIGO Y HARINA DE QUINUA SOBRE MARCADORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN UNA POBLACIÓN SANA”. Comprendo la naturaleza de este estudio. Igualmente aseguro que se me ha informado de los basamentos de la investigación.

Yo Mary Lares CI. 8.842.814 y Rafael Gutiérrez C.I. 5.580.153 Mayores de edad y de este domicilio, declaramos que explicamos los procedimientos, objetivos del presente estudio; otorgando al paciente tiempo suficiente para decidir su participación y aclaré las dudas que surgieron.

Yo _____, CI _____
Certifico como testigo lo anteriormente expuesto

Fecha:

Firma Paciente

Firma Investigador

Firma Investigador

Firma Testigo

**ANEXO I
EVALUACIÓN NUTRICIONAL**

**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA
SERVICIOS DE SANIDAD DE LA FUERZA ARMADA NACIONAL
HOSPITAL MILITAR “DR CARLOS ARVELO”
DEPARTAMENTO DE ENDOCRINOLOGIA Y ENFERMEDADES METABOLICAS**

Consentimiento Escrito de Aceptación del Protocolo de Estudio

TITULO: “EVALUAR EL EFECTO DEL CONSUMO DE PASTA ELABORADA A PARTIR DE MEZCLAS DE SÉMOLA DE TRIGO Y HARINA DE QUINUA SOBRE MARCADORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN UNA POBLACIÓN SANA”

Investigador responsable: Dra. Mary Lares y MSc. Rafael Gutiérrez

Telef: 0412-6203588/0416-3048688

INTRODUCCIÓN: La harina de quinua, altamente nutritiva, puede usarse como suplemento proteínico en harina de trigo, es pobre en gluten debido al bajo contenido de prolaminas y glutaminas. La harina, en combinación con harina de trigo o de maíz, se utiliza para la preparación de bizcochos, pan alimentos procesados y pastas alimenticias con propiedades funcionales. Lo antes expresado plantea la inquietud de realizar este estudio, dirigido a evaluar los efectos del consumo de pastas elaboradas a partir de trigo y harinas de quinua, sobre marcadores de riesgo cardiovascular en una población sana.

OBJETIVO DEL ESTUDIO: Evaluar el efecto del consumo de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua sobre marcadores de riesgo cardiovascular en una población sana.

PROCEDIMIENTO A SEGUIR: Previo consentimiento informado de los sujetos en estudio se le realizara una encuesta de recolección de datos. Se tomara muestra de sangre periférica de vena antecubital 30 ml luego de 14 horas de ayuno y después de dos semanas. Después de la ingesta diaria de 70 g por tres días por dos semanas, de pastas posteriormente se realizara medición antropométrica, valoración dietética y evaluación bioquímica de marcadores de riesgo.

GARANTIA DE CONFIDENCIALIDAD: Solo el investigador y sus asociados, tendrán a los datos confidenciales que identifican al sujeto en estudio por su nombre. Su Identificación no aparece en ningún informe ni publicación, resultante del presente estudio.

**ANEXO J
EVALUACIÓN NUTRICIONAL**

**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO PARA EL PODER POPULAR DE LA DEFENSA
HOSPITAL MILITAR DR. CARLOS ARVELO
DEPARTAMENTO DE ENDOCRINOLOGIA Y ENFERMEDADES METABOLICAS**

Caracas, 1 de Septiembre del 2011.

Ciudadanos
Comité de Bioética
Hospital Militar Dr. Carlos Arvelo.
Presente.-

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes, en ocasión de solicitarles la revisión y al mismo tiempo la aprobación del Proyecto de Investigación.

Al respecto tengo el agrado de remitirles anexo al presente, el proyecto referido a la investigación que efectuara el suscrito, la cual lleva el nombre de: “DETERMINAR EL ÍNDICE GLICÉMICO Y EVALUAR EL EFECTO DEL CONSUMO DE PASTA ELABORADA A PARTIR DE MEZCLAS DE SÉMOLA DE TRIGO Y HARINA DE QUINUA SOBRE MARCADORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN UNA POBLACIÓN SANA”, para su revisión y aprobación por parte de ese digno Comité, el cual cumple con todos los requisitos establecidos.

Dándole las gracias anticipadas, me suscribo de usted, con sentimiento de estima y aprecio

Atentamente,

Mary Lares

Biólogo y Coordinador del área de Investigación en Endocrinología y Enfermedades Metabólicas
Hospital Militar Dr. Carlos Arvelo.

**ANEXO K
EVALUACIÓN NUTRICIONAL**

**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO PARA EL PODER POPULAR DE LA DEFENSA
HOSPITAL MILITAR DR. CARLOS ARVELO
DEPARTAMENTO DE ENDOCRINOLOGIA Y ENFERMEDADES METABOLICAS**

Caracas, 1 de Septiembre del 2011.

Ciudadanos
Comité de Bioética
Hospital Militar Dr. Carlos Arvelo.
Presente.-

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes, en ocasión de solicitarles la revisión y al mismo tiempo la aprobación del Proyecto del Trabajo de Investigación.

Al respecto tengo el agrado de remitirles anexo al presente, el proyecto referido a la investigación que efectuara el suscrito, la cual lleva el nombre de: “DETERMINAR EL ÍNDICE GLICÉMICO Y EVALUAR EL EFECTO DEL CONSUMO DE PASTA ELABORADA A PARTIR DE MEZCLAS DE SÉMOLA DE TRIGO Y HARINA DE QUINUA SOBRE MARCADORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN UNA POBLACIÓN SANA”, para su revisión y aprobación por parte de ese digno Comité, el cual cumple con todos los requisitos establecidos.

Dándole las gracias anticipadas, me suscribo de usted, con sentimiento de estima y aprecio

Atentamente,

Dra. Sara Brito

Jefe del Departamento de Endocrinología y Enfermedades Metabólicas
Hospital Militar Dr. Carlos Arvelo.