

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Las pastas (fideos) son un alimento elaborado con cereales en forma de harina; mezclado con un medio líquido que habitualmente es agua y se puede enriquecer adicionando ingredientes de alto valor nutricional. Cada ingrediente es indispensable, ya que cumplen funciones específicas que después repercutirán en el producto final (Callejo, 2002).

La elaboración de pastas alimenticias a base de trigo, es una práctica antigua que se sigue tanto en países donde se cultiva este cereal como en aquellos en que se importa (Bitran y Soto, 1973).

En el campo agroindustrial, se considera la posibilidad de dar una nueva alternativa de fideos enriquecidos, que al momento no se encuentran en gran cantidad en el mercado de Tarija y que podría ser consumido por la mayoría de personas; ya que los fideos actualmente tienen una gran demanda en la población (Callejo, 2002).

Entre uno de los problemas que tiene el departamento de Tarija, es que existe un alto nivel de desnutrición; ya que muchas veces la población tarijeña no cuenta con productos alimenticios que suplan la necesidad de nutrientes requeridos para realizar una actividad física y mental (Callejo, 2002).

En la actualidad existen muchas empresas alimenticias que se dedican a la elaboración de fideos y pastas, que tienen un bajo nivel nutricional y que no cumplen con los requerimientos básicos para una dieta saludable. Muchas personas del área rural y suburbano desconocen sobre las propiedades nutricionales de muchos alimentos que ellos consumen; y por esto existe una demanda de productos que sean ricos en proteínas, vitaminas y minerales. Así mismo, que contribuya a la desnutrición de las personas (Callejo, 2002).

Este producto a ser desarrollado puede ser comercializado en el mercado local y puede constituirse en una importante fuente de proteínas, vitaminas y minerales. Lo cual podría ser consumido por niños, jóvenes y adultos. En tal sentido, la elaboración de fideos enriquecidos con mezclas de harina de trigo, quinua, zanahoria e ingredientes alimenticios pueden coadyuvar a la dieta alimenticia de las personas de la región y el país.

1.2 JUSTIFICACIÓN

- ❖ En la ciudad de Tarija la mayoría de la población no tiene acceso a la información tecnológica sobre la elaboración de nuevos productos alimenticios; especialmente en la transformación de las materias primas en valor agregado, que permita mejorar los ingresos económicos a los sectores productores de trigo, quinua y zanahoria.
- ❖ El fideo enriquecido con harina de quinua y zanahoria podría ser un alimento de alto valor nutritivo para la población tarijeña; ya que el trigo carece de lisina, la quinua aportaría con este aminoácido para incrementar su valor nutritivo y la zanahoria aportaría β -caroteno (provitamina A) y fibra soluble.
- ❖ El presente proyecto está enfocado en el desarrollo de un producto nuevo que permita el uso de la harina de quinua y zanahoria; ya que ambos son altamente nutritivos, que aportaría calcio y hierro para el organismo humano.
- ❖ Se pretende presentar un producto (fideo enriquecido con harina de quinua y zanahoria); ya que la mezcla de estos alimentos aportan nutricionalmente un índice glucémico bajo y que también podría ser consumido por personas diabéticas.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos propuestos para el presente trabajo son:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar fideo tallarín enriquecido con harina de quinua y zanahoria; mediante los procesos de mezclado de harinas y secado de alimentos, con el fin de obtener un producto con mayor valor biológico y nutricional para la población del departamento de Tarija.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la harina de quinua con la finalidad de conocer su valor nutricional.
- Determinar el análisis fisicoquímico del huevo de gallina para conocer la cantidad de proteína y humedad.
- Determinar la dosificación de la harina de quinua, para la elaboración de fideo tallarín.
- Determinar el análisis fisicoquímico y microbiológico de la masa del fideo, para conocer su composición.
- Determinar el envase adecuado para la conservación del producto, con el fin de incrementar su tiempo de almacenamiento.
- Aplicar un diseño experimental en el proceso de secado, para determinar las variables de secado del fideo.

- Determinar la cantidad nutricional del producto final mediante análisis fisicoquímico y organoléptico.
- Realizar los balances de materia y energía durante el proceso de elaboración del producto a nivel experimental.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el proceso de mezclas de harinas y secado de alimentos para la elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria; para obtener un producto con mayor valor biológico y nutricional para la población del departamento de Tarija?

1.4 HIPÓTESIS GENERAL

Mediante la aplicación de mezclas de harinas: quinua 7,5%, trigo 87,5%, sémola de trigo 5%, agua 10%, aceite 3,33% y huevo 15%; y por un tiempo de secado de 12 horas a temperatura de 45°C con aire caliente, se obtiene un producto alimenticio con mayor valor biológico y nutricional para la población del departamento de Tarija.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ORIGEN DE LAS PASTAS

El origen de la pasta, es discutible y lleno de vacíos históricos que nos impiden ubicar su origen de una forma exacta. Existe la leyenda de que la pasta fue introducida en Italia por Marco Polo en algunos de sus numerosos viajes al Oriente. En realidad, podemos imaginar que el origen de la pasta pudo ser simultáneo en distintos lugares y civilizaciones, si tenemos en cuenta su elaboración, basada en triturar granos y mezclarlos en agua, cociéndolos posteriormente y obteniendo así una pasta comestible. Lo que sí está claro, es la perfecta combinación en la pasta y la salsa de tomate. Su origen tuvo lugar en el siglo XVIII en el sur de Italia, tal y como reflejan diferentes escritos de la época. Esta unión, de pastas y salsas de tomate, fue un paso que convirtió a la pasta en una comida italiana conocida internacionalmente (Pinchao, 2005).

2.1.1 PASTA

Se denomina pasta a los alimentos preparados con una masa (no fermentada) cuyos ingredientes básicos pueden ser sémola, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro o blando mezclada con agua, a la cual se puede añadir sal, huevo u otros ingredientes, conformando un producto que generalmente se cuece en agua hirviendo. Comúnmente, se utiliza la especie *Triticum durum* (trigo duro) en su elaboración (Pinchao, 2005).

La pasta ha conquistado un puesto firme en las cocinas de todo el mundo. Por muy sencilla que sea su preparación, constituye gracias a su discreto sabor, que realza espléndidamente el aroma y el gusto de los ingredientes que la acompañan, es uno de los más interesantes productos a base de cereales (Kill, 2004).

La pasta, en Italia es el alimento básico más importante y los espaguetis constituyen el famoso símbolo por excelencia de la cocina italiana (Kill, 2004).

2.1.2 TIPOS DE PASTAS

Grande es la variedad de los tipos de pasta que se ofrecen en el comercio y desconcertantes sus diferentes denominaciones. Así, por ejemplo, la pasta con forma que semeja a mariposas o lacitos es vendida a veces bajo el nombre italiano de farfalle (Sánchez, 2003).

Las pastas alimenticias más conocidas son los espaguetis y los macarrones. Al lado de éstos existen innumerables tipos distintos, desde la lasaña, con su forma alargada, y los gruesos canelones (*cannelloni*), hasta llegar a las más pequeñas formas llenas de fantasía (Sánchez, 2003). En la tabla 2.1, se observan los tipos de pastas según su clasificación.

Tabla 2.1
Tipos de pastas según su clasificación

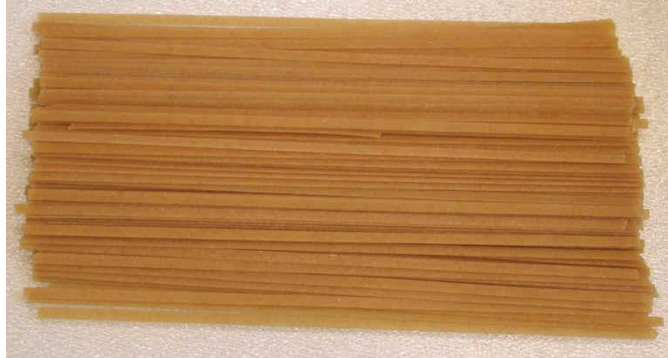
Pastas largas	Pastas cortas	Pastas rellenas
Lasañas	Ditali	Ravioles
Tallarines o fettuccine	Cuadraditos	Tortellini
Canelones	Horquillas	
Macarrones	Ñoquis	
Espaguetis	Coditos	
	Mariposas	
	Conchas	
	Macarrones espirales	
	Ruedas	
	Trencitas	

Fuente: Dorado, 1999.

2.1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN O FETTUCCHINE

Estas pastas son fideos anchos y achatados, con forma rectangular como se muestra en la figura 2.1, se encuentra secas o frescas, y son utilizados para sopas y otros platos dependiendo el lugar y costumbre de la población (Sánchez, 2003).

Figura 2.1
Fettuccine (tallarín)



Fuente: Sánchez, 2003.

2.2 DEFECTOS DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS SECAS

Los defectos más recurrentes en la elaboración industrial de pastas alimenticias secas son:

2.2.1 FIDEO AGRIETADO

Se debe a una deshidratación brusca en un corto tiempo. Se caracteriza por la presencia de fisuras internas en la pasta seca (Bitran y Soto, 1973).

2.2.2 CONTAMINACIÓN POR HONGOS, ÁCAROS Y POLILLAS

Causado por una humedad residual superior a un 12%. La salida muy lenta de agua en la etapa preliminar también conduce a aumentar la contaminación y la acidez (Bitran y Soto, 1973).

2.2.3 INTENSIDAD DEL COLOR

En parte el color depende de la cantidad de burbujas de aire presente. Si se aumenta la presión sobre la masa disminuye el número de burbujas, pero aumentan en tamaño y

por ende la transmisión de la luz a través de ella, disminuyendo así la intensidad del color amarillo. Además, resiste mayor tiempo a la cocción (Bitran y Soto, 1973).

En el color también influye el tipo de trigo, si se elabora con harina integral se obtendrá un fideo oscuro de aspecto desagradable. Si se hace de harina de trigo blando se obtendrá un fideo blanquizco, que pierde fácilmente su forma durante la cocción. Si se elabora con semolina de trigo duro le traspasará su color ámbar, atrayente para el consumidor (Bitran y Soto, 1973).

Por otra parte, la intensidad del color también está definida por la reacción de Maillard y a la tecnología de temperatura de la línea, es decir, alta o baja. Si la temperatura de secado sobrepasa los límites exigidos, tostará el producto haciéndolo variar su color (Pinchao, 2005).

2.2.4 FORMACIÓN DE PUNTOS BLANCOS

En el interior del fideo, lo que ocurre cuando se seca bruscamente o tiene un corto período de reposo, impidiéndose así que la humedad se distribuya homogéneamente en toda la masa (Bitran y Soto, 1973).

2.2.5 GRUMOS

Causados por una mala distribución de los fideos en la bandeja o varilla durante el secado (Bitran y Soto, 1973).

2.3 HARINA DE TRIGO

Es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticumvulgare*, *Triticumdurum*) hasta un grado de extracción determinado, considerando al restante como un subproducto (residuos de

endospermo, germen y salvado). Es el producto más importante derivado de la molturación de los cereales, especialmente del trigo maduro (Aykrod, 1980). En la figura 2.2, se muestra la harina de trigo.

Figura 2.2
Harina de trigo



Fuente: Meyer, 1986.

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína-gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente. Esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen (Meyer, 1986).

Las harinas blandas contienen menor cantidad de gluten estas provienen de trigos blandos y son utilizadas para la elaboración de galletas y pasteles, en cambio las harinas fuertes contienen mayor cantidad de gluten, proviene de trigos duros y son utilizadas para la elaboración de pastas (fideos) y pan (Meyer, 1986).

2.3.1 TIPOS DE HARINAS DE TRIGO

La harina de trigo, depende de la variedad del trigo que proviene. En la tabla 2.2, se observan algunos tipos de harinas de trigo, con su valor proteico.

Tabla 2.2
Valoración proteica de las harinas de trigo

Tipos	Proteína
Harinas Duras	15%
Harinas Semiduras	9 al 13%
Harinas Blandas	9%

Fuente: Veraverbeke y Delcour, 2002.

2.3.2 HARINAS DURAS

Son originarias de trigos duros, su porcentaje es ideal para la fabricación de fideos. Se puede usar en panadería pero necesita más tiempo de amasado y fermentación (Veraverbeke y Delcour, 2002).

2.3.2.1 TRIGO PARA PASTAS

Esta harina es adecuada para la elaboración de pastas por ser más fina y más blanca, deja una masa más apetecible al paladar, y color fácil de teñir, con pigmentos o huevos. Esta harina para pastas secas debe ser de un alto contenido proteico para lograr las condiciones nombradas anteriormente (Feldman y col, 2001).

2.3.3 FIBRA DIETARIA

La fibra, es un componente importante de la dieta alimenticia presente en los vegetales, localizado en la cubierta exterior (salvado) de los cereales, la pectina en manzanas, la cáscara y partes fibrosas de verduras o frutas (Potter, 1990).

La harina de trigo contiene fibra, es importante deducir que el consumo de fibra es un factor muy importante para la salud; debido a sus propiedades funcionales, las dietas altas en fibra soluble disminuyen los niveles de colesterol en la sangre. La fibra insoluble aumenta el volumen de las heces a través del tubo digestivo ayudando a

eliminar el estreñimiento. La fibra soluble, se disuelve en agua y se vuelve pegajosa (Veraverbeke y Delcour, 2002).

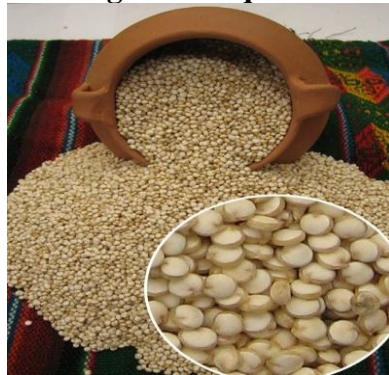
2.3.4 SÉMOLA

Es un trigo candeal molido fino a nivel de diferentes características, es similar a la semolina, la diferencia está en que es más rápido para secarse y su hidratación es ligeramente más alta, entre el 55%. Su utilización, es limitada en la elaboración de pastas (Feldman y col, 2001).

2.4 LA QUINUA

La quinua o quínoa, (*Chenopodiumquinoa*), es un pseudocereal de la familia, *Chenopodiaceae* que se produce en los Andes de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú. Además los Estados Unidos, siendo Bolivia el primer productor mundial seguido del Perú y Ecuador (Lanza, 2012). En la figura 2.3, se observa el grano de quinua.

Figura 2.3
El grano de quinua



Fuente: Lanza, 2012.

2.4.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL GRANO DE QUINUA

En la tabla 2.3, se detalla la composición nutricional del grano de quinua en 100g de porción comestible.

Tabla 2.3
Valor nutricional del grano de quinua

Nutrientes	Unidad	Cantidad
Humedad	%	13,10
Proteína	g	14,20
Carbohidratos totales	g	66,20
Extracto etéreo	g	4,10
Fibra	g	3,90
Ceniza	g	2,40
Calcio	mg	16,00
Tiamina	mg	0,35
Riboflavina	mg	0,25
Niamina	mg	1,54
Caroteno	mg	0,03
Hierro	mg	6,60
Fosforo	mg	430,00
Energía	kcal	353,00

Fuente: CENDES, 1981.

2.4.2 HARINA DE QUINUA

Es un producto obtenido a partir de quinua real (desaponificada). Donde el grano de quinua previamente recepcionada, se somete a molturación controlada y selección por tamizado para lograr el tamaño de partícula requerida (Lanza, 2012). En la figura 2.3, se observa la harina de quinua.

Figura 2.3
Harina de quinua



Fuente: Lanza, 2012.

2.4.3 PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA HARINA DE QUINUA

En la tabla 2.4, se observa las propiedades nutricionales de la harina de quinua en 100g de porción comestible.

Tabla 2.4
Propiedades nutricionales de la harina de quinua

Parámetro	Unidad	Cantidad
Calorías	kcal	390,00
Proteínas	g	13,50
Carbohidratos	g	52,90
Lípidos	g	4,80
Hidratos de carbono	g	70,90
Iso leucina	mg	360,00
Leucina	mg	301,00
Phenylanina	mg	213,00
Tyrosina	mg	211,00
Cystina	mg	186,00
Methionina	mg	95,40
Triptófano	mg	359,00
Valina	mg	4,60
Zinc	mg	3,01
Calcio	mg	95,00
Magnesio	mg	204,00
Hierro	mg	501,00
Fósforo	mg	448,00

Fuente: Lanza, 2012.

2.5 LA ZANAHORIA

(*Daucus carota*) subespecie (*sativus*) llamada popularmente zanahoria, es una hortaliza que pertenece a la familia de las umbelíferas, también denominadas apiáceas, y considerada la especie más importante y de mayor consumo dentro de esta familia (Rose, 2006).

2.5.1 COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA ZANAHORIA

La zanahoria, es un alimento excelente desde un punto de vista nutricional gracias a su contenido en vitaminas y minerales. El agua, es un componente más abundante, seguido de los hidratos de carbono, el cual aporta energía. La zanahoria presenta un contenido en hidratos de carbono superior a otras hortalizas, al tratarse de una raíz, absorbe los nutrientes y los asimila en forma de azúcares (Eroski, 2004).

Su color naranja se debe a la presencia de caroteno, entre ellos el beta-caroteno o provitamina A, pigmento natural que el organismo transforma en vitamina A conforme la necesita (Eroski, 2004).

Para la obtención de harina de zanahoria, el producto debe pasar por un proceso de deshidratación en rodajas hasta lograr un contenido de humedad del 4% para posteriormente ser pulverizado, tamizado y envasado (Valdés, 2008).

La harina de zanahoria (figura 2.4), proporciona a la masa para pastas el color característico del pigmento (Earle, 1990).

Figura 2.4
Harina de zanahoria



Fuente: Belitz, 1995.

2.5.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE ZANAHORIA

En la tabla 2.5, se observa la composición nutricional de la harina de zanahoria.

Tabla 2.5
Composición nutricional de la harina de zanahoria

Parámetro	Valor	Unidad
Azúcares totales	49,59	%
Azúcares reductores	18,13	%
Cenizas	5,70	%
Fibra	11,63	%
Grasa	2,76	%
Hidratos de carbono	68,92	%
Hierro	0,01	g/kg
Humedad	7,76	%
Proteína y total	3,23	%
Sólidos totales	92,24	%
Valor energético	313,44	Kcal/100g

Fuente: Gutiérrez, 2008.

2.6 HUEVOS

Culturalmente, los huevos (figura 2.5), de gallina constituyen un alimento habitual en la alimentación de los humanos. Se presentan protegidos por una cáscara y son ricos en proteínas (principalmente albúmina, que es la clara o parte blanca del huevo) y lípidos (Ortega, 1998).

Figura 2.5
El huevo



Fuente: Ortega, 1998.

La yema (figura 2.6), viene a aportar la tercera parte del peso total del huevo y su función biológica es la de aportar nutrientes y calorías, así como la vitamina A, tiamina y hierro. El color amarillo de la yema no proviene del beta-caroteno (color naranja de algunas verduras); sino de los xantófilas que la gallina obtiene de la alfalfa y de los diversos granos que consume, como puede ser el maíz (Ortega, 1998).

Figura 2.6
Yema de huevo



Fuente: Ortega, 1998.

La clara aporta las dos terceras partes del peso total del huevo. Se puede decir que es una textura casi transparente que en su composición casi el 90% se trata de agua, el resto es proteína, trazas de minerales, materiales grasos y vitaminas. La riboflavina, es la que proporciona ese color ligeramente amarillento y la glucosa es la responsable de oscurecer el huevo en las conservaciones de larga duración. Las proteínas de la clara están presentes para defender al huevo de la infección de bacterias y otros microorganismos, su función biológica es la de detener agresiones bioquímicas que procedan del exterior (Ortega, 1998).

El huevo, aporta a la masa para pastas unión y sabor. La clara, dureza y la yema color (Earle, 1990).

2.6.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL HUEVO DE GALLINA

En la tabla 2.6, se muestra la composición nutricional del huevo de gallina.

Tabla 2.6
Composición nutricional del huevo de gallina

Principio	Entero	Clara	Yema
Agua	74	88	48
Proteína	13	11	17
Grasa	12	trazas	33
Carbohidratos	0,4	0,5	0,2
Cenizas	0,9	0,6	1,3

Fuente: Friedrich, 1999.

2.7 ACEITE

La palabra aceite (del árabe *az-zait*, el jugo de la aceituna, y éste del arameo *zayta*), es un término genérico para designar numerosos líquidos grasos de orígenes diversos que no se disuelven en el agua y que tienen menor densidad que ésta. En general, los aceites vegetales aportan ácidos grasos insaturados y son ricos en vitamina E. Su valor energético, es de 900 Kcal cada 100g (Earle, 1990).

El aceite proporciona a la masa para fideos sabor (según el tipo de aceite) ductibilidad y elasticidad. La elasticidad, es una característica muy importante en la fabricación de pastas; ya que hace que la masa sea más manejable (Earle, 1990).

2.8 AGUA

Del latín *aqua*, el agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color). Es el elemento básico en la hidratación de la pasta, no aporta características sobresalientes ya que es inodora, incolora e insípida (Fagundo, 2006).

2.9 VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PASTA

Para la valoración de calidad de las pastas, estas deben cumplir el siguiente análisis sensorial.

2.9.1 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LAS PASTAS

A continuación detallaremos los atributos necesarios para realizar el análisis sensorial organoléptico del fideo tallarín.

2.9.1.1 ATRIBUTO COLOR

El atributo color permite juzgar a simple vista el grado de cernido de las materias primas empleadas en su elaboración, así también si se han agregado huevos, o colorantes. Es el aspecto de apelación estética que en su mayor parte depende de las características del trigo usado. Proviene de un color amarillo deseable y de un componente marrón indeseable, en ciertas ocasiones puede desarrollarse un componente rojo (Carpenter, 2000).

Las oxidasas juegan un papel importante sobre el color. La lipoxigenasa localizada en partes periféricas, el germen del grano de trigo cataliza la destrucción de los carotenoides, cuya presencia determina el color amarillo de las pastas (Carpenter, 2000).

Los pigmentos carotenoides son los responsables del color amarillo ambarino. Durante el curso de la fabricación de pastas alimenticias se destruye una cantidad variable de carotenoides, según las variedades del trigo (Carpenter, 2000).

2.9.1.2 ATRIBUTO ASPECTO

Es la superficie lisa y los defectos como las manchas y rayas, que afectan la apariencia de la pasta, a continuación se detallan factores que afectan al aspecto de las pastas (Carpenter, 2000).

El Agrietamiento: Es el defecto de producción caracterizado por una ruptura en la pasta seca. La causa más frecuente es el secado inadecuado. Si la humedad superficial se evapora rápidamente, la superficie de la pasta se endurece; cuando el centro se va secando la hebra es incapaz de ofrecer resistencia a la tensión y aparecen las grietas. El almacenaje con una humedad relativa inestable puede inducir grietas justo después de empaquetar (Carpenter, 2000).

La decoloración de la pasta: Como resultado de manchas y rayas. Si son blancas, es probable que sea consecuencia de una hidratación no homogénea; debido a una insuficiencia de agua o a condiciones inadecuadas de mezclado y expulsión. Son negras debido a que el trigo estaba atacado por tizón, que deja el pericarpio decolorado o debido a los cuerpos del cornezuelo, que permanecen en el trigo después de la limpia (Carpenter, 2000).

2.9.1.3 ATRIBUTO TEXTURA

Características de primordial importancia para los consumidores y por consiguiente para los productores de trigo, mejoradores y procesadores. Es la capacidad del producto para retener una buena textura al ser cocinado o después de cocinado (Carpenter, 2000).

Las características de textura predominantes en la evaluación de la pasta varían con la especie del trigo y variedad, condiciones de crecimiento, molturación y proceso de

elaboración, sistemas de secado de la pasta, forma y dimensión, condiciones de cocción (Carpenter, 2000).

Las características principales para la evaluación de la textura son:

Firmeza: La cual representa al grado de resistencia a la primera mordedura y es sensorialmente definido como la fuerza necesaria para penetrar con los dientes (Carpenter, 2000).

Cohesividad: Definida como la fuerza de las uniones internas que mantiene la estructura de la pasta (Carpenter, 2000).

Elasticidad: Representa la capacidad de la pasta deformada para recuperar la forma inicial cuando se retira la fuerza deformante (Carpenter, 2000).

Pegajosidad o adhesividad: Es la fuerza con la que la superficie de la pasta cocinada se adhiere a otros materiales, como ejemplo a la lengua, dientes, paladar y dedos (Carpenter, 2000).

2.10 SECADO DE LOS ALIMENTOS

La disminución de la humedad de los alimentos, es uno de los métodos más antiguos utilizados para su conservación. Al reducir el contenido de agua de un alimento hasta un nivel muy bajo, se elimina la posibilidad de su deterioro biológico y se reduce apreciablemente las velocidades de otros mecanismos de deterioro. Además del efecto conservante, mediante el secado se reducen el peso y el volumen del alimento, aumentando la eficacia de los procesos de transporte y almacenaje. Esto exige que el producto seco pueda rehidratarse hasta un producto prácticamente que la misma calidad de la masa sin secar. Solo mediante un buen conocimiento y análisis de estos procesos podrá obtenerse un alimento de óptima calidad (Singh, 1991).

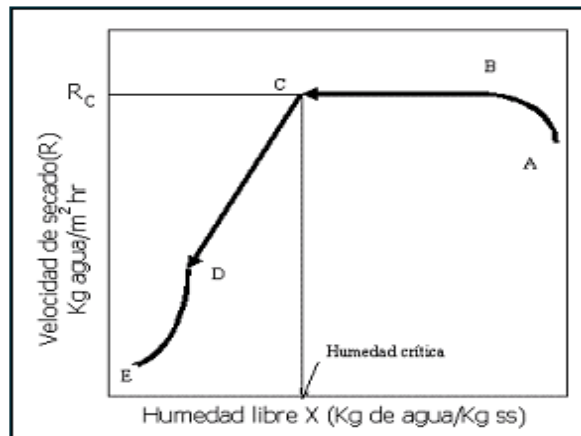
2.10.1 FENÓMENOS DEL SECADO

Los fenómenos de secado de alimentos, se detallan a continuación:

2.10.1.1 CURVAS DE SECADO

La eliminación de agua de un alimento se realizará normalmente en una serie de etapas diferenciadas entre sí por la velocidad de secado, la etapa inicial (AB) ocurre conforme al producto y el agua contenida en él se calienta ligeramente. Posteriormente se produce una reducción importante del contenido de agua a la velocidad de secado constante (BC) esta etapa tiene lugar a temperatura constante, siendo esta la del bulbo húmedo del aire. En la mayoría de los casos esta etapa de velocidad de secado constante finalizará al alcanzarse la humedad crítica; posteriormente existirán uno o varios periodos de velocidad de secado decreciente (CD). La humedad crítica suele estar claramente identificada debido al cambio brusco de la pendiente en la curva de secado (Singh, 1991). En la figura 2.7, se muestra la curva de secado.

Figura 2.7
Curva de secado



Fuente: Singh, 1991.

2.10.2 FACTORES QUE AFECTAN EN EL PROCESO DE SECADO

Las variables que afectan al proceso de secado son:

2.10.3 TEMPERATURA

El calor es la fuente en que las moléculas de agua adquieren la energía cinética necesaria para la evaporación. La temperatura, es un factor de aceleración; ya que mientras más elevada sea la temperatura del ambiente que rodea al alimento más intensa será la evaporación puesto que el aire podrá absorber más humedad (Holdsworth, 1988).

En el periodo donde la velocidad, es decreciente y el control se ejerce enteramente por la difusión interna del agua, el incremento de la temperatura del aire, aumenta la temperatura del producto, como consecuencia se incrementa el coeficiente de difusión de agua en el aire y por lo tanto la velocidad de secado (Holdsworth, 1988).

2.10.2.2 VENTILACIÓN CON RESPECTO A LA MATERIA PRIMA

La velocidad de aire tiene una gran influencia en la velocidad del proceso de secado. En el periodo de velocidad constante, cuanto mayor sea esta velocidad del aire, menor será el espesor de la película de aire adherida a la superficie del fideo (Soruco, 2002).

La corriente de aire, cuando pasa horizontalmente entre las bandejas y varillas a una velocidad superior entre (1000-1200) pies/min es intensamente turbulento y crea diferentes presiones localizadas que a su vez produce más o menos un flujo de aire a través de las capas del alimento (Soruco, 2002).

Las irregularidades en el cargado del alimento en las varillas tendrán el doble efecto de localización, incrementando el grosor de la materia húmeda y disminuyendo el

espacio libre abierto para el flujo del aire, el efecto cuantitativo de todas estas variables es una consecuencia altamente individual del diseño del deshidratador y de las condiciones de operación (Soruco, 2002).

2.10.3 CONSIDERACIONES TEÓRICAS DEL DESHIDRATADO DE ALIMENTOS

Las consideraciones teóricas para el deshidratado de los alimentos, se detallan a continuación.

3.10.3.1 HUMEDAD ABSOLUTA

La humedad absoluta de una determinada mezcla, se expresa generalmente en kg de vapor de agua por kg de aire seco. Se dice que el aire está saturado de vapor de agua, a una temperatura y presión dada, cuando su humedad absoluta es máxima (Nonhebel, 1979).

3.10.3.2 HUMEDAD RELATIVA

Es el coeficiente en la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen. Se mide en tantos por ciento y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es 100% (Nonhebel, 1979).

2.10.3.3 HUMEDAD EN BASE SECA

Es el contenido de humedad de un sólido referido a la masa seca de un mismo sólido (Nonhebel, 1979).

$$H_{BS} = \frac{\text{masa de agua}}{\text{kg sólido seco}}$$

2.10.3.4 HUMEDAD EN BASE HÚMEDA

Es la cantidad de agua por unidad de masa de producto húmedo (Nonhebel, 1979).

$$H_{BH} = \left(\frac{\text{masa del agua}}{\text{kg agua} + \text{kg sólido seco}} \right) * 100$$

2.10.3.5 HUMEDAD DE EQUILIBRIO

Humedad del sólido cuando su presión de vapor se iguala a la presión de vapor de gas. Es decir, humedad del sólido cuando está en equilibrio con el gas (Nonhebel, 1979).

2.10.3.6 HUMEDAD LIBRE

Es la humedad del sólido; que está en exceso con relación a la humedad de equilibrio. Es esta la que se puede evaporar y depende de la concentración de vapor en la corriente gaseosa (Nonhebel, 1979).

2.10.3.7 HUMEDAD

Se llama humedad al peso en los kilos de vapor de agua contenido en un kilo de aire seco. Puede presentarse en base seca o en base húmeda (Nonhebel, 1979).

2.10.3.8 TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO

Es la temperatura de equilibrio que alcanza un líquido cuando se le transfiere calor por contacto con una masa infinita de gas a una temperatura y humedad dada (Nonhebel, 1979).

2.10.3.9 TEMPERATURA DE BULBO SECO

Temperatura de bulbo seco o temperatura seca, es medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco (Nonhebel, 1979).

2.10.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

El agua se elimina de los alimentos mediante su difusión, en fase líquida o vapor a través de su estructura inferior. Al movimiento del agua líquida le seguirá su evaporación en algún punto en el interior del alimento, pudiendo estudiarse el flujo difusional como si fuera difusión molecular. Así el flujo de agua, es una función del gradiente de la presión de vapor, de la difusividad del vapor en el aire, de la distancia a recorrer y de la temperatura. Además, dado que para evaporar el agua es necesario calor, el proceso supone realmente un transporte simultaneo de materia y calor (Singh, 1991).

La eliminación de la humedad del producto dependerá, en parte, de la transferencia de masa por convección hacia la superficie del producto. Aunque este proceso puede no ser el limitante de la velocidad, no debe olvidarse la importancia de mantener las condiciones límite óptimas para el transporte de la humedad (Singh, 1991).

2.10.5 TEMPERATURA DE BULBO SECO Y TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO

La temperatura de bulbo seco, es la verdadera temperatura del aire húmedo y con frecuencia se denomina temperatura del aire y que marca un termómetro común (Nonhebel, 1979).

Un psicrómetro se compone de dos termómetros, uno de ellos envuelto en una tela constantemente humedecida (termómetro de bulbo húmedo) y otro, al lado del primero, en simple equilibrio térmico con el aire atmosférico (termómetro de bulbo

seco). El termómetro de bulbo húmedo recibe sobre sí; un flujo de aire constante por medio de un sistema de ventilación. Se evapora así la humedad y se retira energía del bulbo húmedo. La temperatura baja, y al llegar al punto de equilibrio, se estabiliza. La temperatura que registra el termómetro en esas condiciones, se llama temperatura de bulbo húmedo (Nonhebel, 1979).

2.10.6 EFECTO DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA Y MASA

Como ya se ha indicado anteriormente, la eliminación de agua de un alimento supone al transporte simultaneo de materia y calor. La transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionada con el gradiente de temperatura existente entre su superficie; y la correspondiente a la superficie del agua en el interior del alimento. Si se suministra al agua suficiente energía para su evaporación, el vapor generado se transportara desde la superficie de la capa húmeda del interior del producto hacia la superficie de éste. El gradiente de presión de vapor existente entre la superficie del agua, en el interior y en el aire exterior al alimento, es el que provoca la difusión del vapor de agua hacia la superficie. Estos flujos de materia y calor, en el interior del alimento tienen lugar a nivel molecular, el calor transmitido depende de la conductividad térmica del alimento mientras que el flujo de agua será proporcional a la difusión molecular del vapor de agua en el aire (Singh, 1991).

En la superficie del producto tienen lugar simultáneamente los transportes de materia y calor, controlados por mecanismos convectivos. El transporte del vapor desde la superficie del alimento al aire exterior, es función de la presión de vapor mientras que la transmisión de calor desde el aire hacia el alimento depende del gradiente de temperatura (Singh, 1991).

Es necesario tener en cuenta los cuatro procesos de transporte citado, ya que la velocidad de secado será proporcional al más lento de ellos. En la mayoría de los

limitantes, serán los transportes de materia y calor en el interior del alimento (Singh, 1991).

2.11 EQUIPO DE SECADO

A continuación, se describe a un secador de bandejas.

2.11.1 SECADOR DE BANDEJAS

El secador de cabina, es comúnmente usado para estudios de laboratorio en deshidratación de alimentos y en operaciones comerciales; y de pequeña escala (Valdés, 2008).

Son los más antiguos y aun los más utilizados. Consisten de una cabina en el que el material a secar se aparece en bandeja o en ambos lados se coloca una varilla de acero inoxidable. Cada bandeja puede ser de forma rectangular o cuadrada con un área que en promedio es de $1,25 \text{ cm}^2$; se recomienda esparcir el material hasta una altura de 1,5 cm o colgar en la varilla con un espacio de 1 cm. El secado puede durar dependiendo del tipo de material y su contenido de humedad (Valdés, 2008).

Estos equipos tienen dos variaciones, una de secado directo en la cual el aire caliente es forzado a circular por las bandejas. La otra de secado indirecto, donde se utiliza aire caliente proveniente de una fuente de calor radiante dentro de la cámara de secado y una fuente de variación o un gas circulante para que elimine la humedad del secador (Valdés, 2008).

En la mayoría de los casos los secadores de bandejas operan por cargas, además tienen la desventaja de no secar el producto uniformemente, dependiendo de su posición en el secadero. Por ello suele ser necesario girar las bandejas durante el proceso para lograr un secado uniforme (Singh, 1991).

CAPÍTULO III
DISEÑO
METODOLÓGICO

3.1 INTRODUCCIÓN

La parte experimental del trabajo de investigación “Elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria”, se realizó en el Laboratorio de Secado de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS

La materia prima e insumos que se utilizaron en la elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria, se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1
Materias primas e insumos utilizados en la elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Producto	Marca	Industria
Harina de trigo	Famosa 000	Bolivia – Santa Cruz
Harina de quinua	Quinua real	Bolivia – Oruro
Zanahoria	-----	Bolivia – Tarija
Huevo	-----	Tarija – Valle
Aceite	Fino	Bolivia – Santa Cruz
Colorante amarillo tartrasina	Esencial	Bolivia – Tarija
Ácido ascórbico	Esencial	Bolivia – Tarija

Fuente: Elaboración propia.

3.3 REQUERIMIENTO DE EQUIPOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

Los materiales y equipos requeridos para este trabajo, son detallados a continuación:

3.3.1 EQUIPOS

Los equipos utilizados para realizar el presente trabajo son los siguientes:

3.3.1.1 SECADOR A BANDEJAS

Para realizar el trabajo de obtención de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria, se utilizó un secador tipo armario del Laboratorio de Secado; dependiente del Departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología. Al secador de bandejas, se le ha añadido un generador de aire frío en la parte inferior del equipo para mejorar la circulación del aire húmedo dentro del secador. En la figura 3.1, se muestra el secador de bandejas externamente, así mismo en la figura 3.2, se observa el secador de bandejas internamente.

Figura 3.1
Secador de bandejas vista externa



Figura 3.2
Secador de bandejas vista interna



3.3.1.2 PARTES DEL EQUIPO DE SECADO

Un equipo de secado consta de las siguientes partes:

- Cámara de secado
- Bandejas
- Varillas de acero inoxidable
- Zona de calefacción
- Zona de retención de aire
- Generador de aire

- **CÁMARA DESECADO**

Consiste en una cabina de secado con una compuerta de cierre hermético con una bandeja de una medida de $(66 \times 66) \text{ cm}^2$ o una varilla de 66 cm de largo, en las cuales se cargan y descargan manualmente las muestras de fideo tallarín.

- **BANDEJAS**

Las bandejas están construidas con bastidores de madera de tamaño de 66 cm de lado y malla milimetrada de polipropileno de 2mm de abertura, durante el secado estas se utilizaron para retener a los fideos que se rompieron por causa de agrietamiento.

- **VARILLA DE ACERO INOXIDABLE**

Durante la parte experimental del trabajo, se incluyó una varilla de acero inoxidable de 66 cm de largo con un diámetro de 3 cm, donde se colocó la masa de fideo húmedo para realizar el proceso de secado.

- **GENERADOR DE AIRE**

El generador de aire cumple la función de introducir aire fresco al secador, con la finalidad de evacuar el aire caliente y húmedo de la cabina de secado.

3.3.1.3 PSICRÓMETRO

Este instrumento consta de dos termómetros de bulbo de mercurio, uno de ellos está cubierto por una muselina empapada en agua, utilizado para medir temperatura de bulbo húmedo y el otro termómetro para medir temperatura de bulbo seco, con una precisión máxima de 1% de humedad relativa y temperatura del aire en el margen de

(-30 °C hasta 45°C) con separaciones de (0,2°C). En la figura 3.3, se observa el psicrómetro que se utilizó en el trabajo de investigación.

Figura3.3
Psicrómetro



El psicrómetro, se utilizó para medir temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco, este equipo se encuentra en el Laboratorio de Secado; dependiente del departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología. Sus especificaciones técnicas son:

Marca:	KRAKOW
Tipo:	TZ-9 N° 30178
Escala del termómetro bulbo seco:	(-34°C a 50°C)
Escala del termómetro bulbo húmedo:	(-36°C a 50°C)

3.3.1.4 BALANZA ANALÍTICA DIGITAL

La balanza analítica (figura 3.4), se utilizó para pesar la cantidad de materia prima a ser utilizada durante el proceso de amasado y para el control del peso del fideo en diferentes etapas de tiempo durante el secado. Este equipo pertenece al Laboratorio de Secado de la Carrera de Ingeniería de Alimentos; dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

Figura3.4
Balanza analítica digital



Sus especificaciones técnicas son:

Marca:	Mettler Toledo
Origen:	Made in Switzerland
SNR:	1126273513
PB:	1502-5
TDNR:	1,15,496,149-3

3.3.1.5 SELLADORA ELÉCTRICA MANUAL

La selladora eléctrica manual (figura 3.5), se utilizó para sellar los envases (bolsas de polietileno de 60 micrones de espesor con una densidad de $0,92\text{g/cm}^3$), con el producto (fideo tallarín) obtenido del proceso de secado.

Figura3.5
Selladora eléctrica manual



Sus especificaciones técnicas son:

Marca:	KINGSTAR COMPANY CO.
Origen:	USA
Poder:	400 W
Tipo:	PFS 300

3.3.1.6 CORTADORA DE PASTAS

La cortadora de pastas (figura 3.6) consta de rodillos lisos y dos rodillos estriados, que giran con una manivela manual. Se utilizó para laminar la masa hasta un grosor determinado; para luego hacer pasar las láminas por los rodillos estriados para cortar la masa y dar forma al fideo tallarín.

Figura 3.6
Cortadora de pastas



Sus especificaciones técnicas son:

Marca:	HOFFNER
Origen:	USA
Tipo:	HF-1305
Registro:	N.1048534

3.3.2 MATERIALES DE LABORATORIO Y UTENSILIOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

En la tabla 3.2, se detallan los materiales de laboratorio y utensilios utilizados durante el proceso de elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

Tabla 3.2
Material de laboratorio y utensilios utilizados en el proceso de elaboración del fideo tallarín

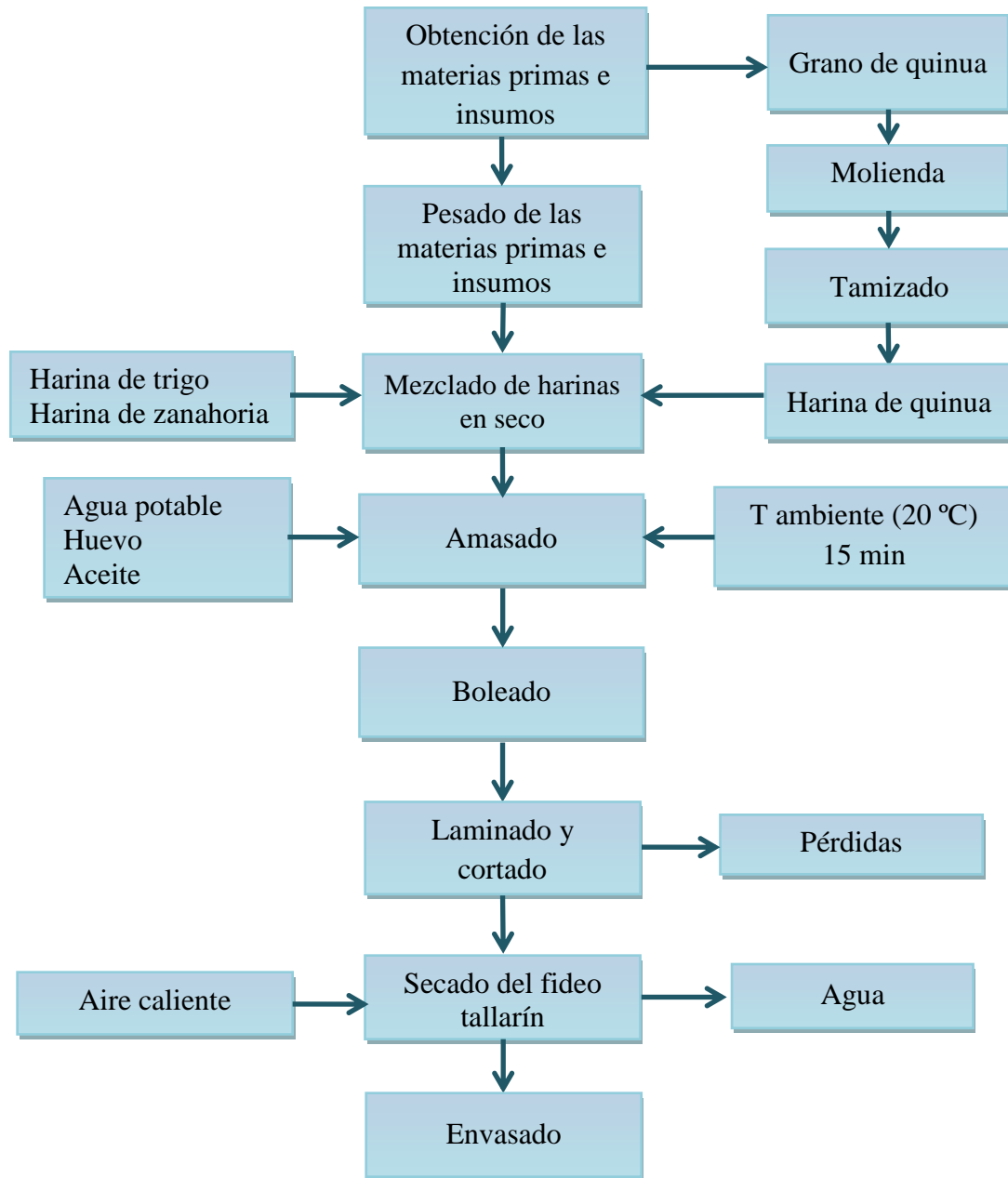
Materiales	Características	Tipo de material
Recipientes	500 ml	Acero inoxidable
Espátula	Pequeña	Plástico
Tamiz	20 cm de diámetro	Plástico
Cucharas	-----	Acero inoxidable
Bolsas	Pequeñas y grandes	Polietileno de baja densidad (60 micrones)
Film	30 cm de largo	-----
Vasos de precipitado	250 ml	Vidrio
Termómetro de Hg	10 – 100 °C	Vidrio

Fuente: Elaboración propia.

3.4 DIAGRAMA DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

En la figura 3.7, se muestra el diagrama de bloques que se utilizó para la elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

Figura 3.7
Diagrama de bloques para la elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria



Fuente: Elaboración propia.

3.4.1 OBTENCIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

La materia prima utilizada para la elaboración de fideo tallarín, se detalla a continuación:

Grano de quinua: se adquirió el grano de la variedad, quinua Real, del Mercado Campesino proveniente de la ciudad de Oruro.

Harina de quinua: para la obtención de esta materia prima, se procedió a moler el grano de quinua, en la Molinera San Roque de la ciudad de Tarija.

Tamizado de la harina de quinua: para obtener la partícula requerida se procedió a tamizar 100g de harina de quinua (figura 3.8) en un tamiz vibratorio; dependiente de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

Figura 3.8
Harina de quinua



Harina de trigo: se obtuvo envases de 1kg de harina de trigo 000, marca Famosa y adquirida del Supermercado Tarija de la ciudad de Tarija.

Harina de zanahoria: para obtener esta materia prima, se procedió a tomar los datos (Gutiérrez, 2008). Elaboración de harina de zanahoria. En la figura 3.9, se observa la harina de zanahoria.

Figura 3.9
Harina de zanahoria



Huevo: los huevos de gallina criolla (figura 3.10), son provenientes de la localidad del Valle Central de Tarija.

Figura 3.10
Huevo de gallina criolla



Aceite: el aceite se adquirió del Mercado Campesino, marca fino (figura 3.11) proveniente de la ciudad de Santa Cruz.

Figura 3.11
Aceite fino



3.4.2 PESADO DE LAS MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

Con ayuda de una balanza analítica, se procedió a pesar las materias primas e insumos; según las cantidades requeridas para el proceso de elaboración del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

3.4.3 MEZCLADO DE HARINAS EN SECO

Se realizó la mezcla de harinas en seco (87,5% harina de trigo, 7,5% harina de quinua y 5% sémola de trigo) de forma manual y haciéndolas pasar por un tamiz de plástico con una abertura de malla de 1 mm, en un bol de acero inoxidable de 30cm de diámetro; esto con el objetivo de facilitar la homogenización en el proceso de amasado.

3.4.4 AMASADO

Obteniendo la mezcla de harinas en seco, en el mismo bol se procede a incorporar los demás insumos (10% de agua a 40°C, aceite 3,33% y 15% de huevo a temperatura ambiente). El amasado, se realizó de forma manual por un tiempo aproximado de 15 minutos hasta lograr una masa dócil y suave. En este proceso ocurre el incremento de la temperatura en la masa a causa del cizallamiento y fricción, razón por la cual se controló la temperatura del agua para que el proceso se realice a temperaturas entre (30-40) °C y no menor a estas porque la masa se tornaría dura y quebradiza.

3.4.5 BOLEADO

El boleado (figura 3.12), se realizó manualmente por un tiempo de 3 min; consiste en separar la masa en dos unidades de peso aproximado e igual; para posteriormente dejar reposar por un espacio de 30 min cubiertas por un film de plástico, con el fin de que la masa adquieran la unión de las partículas que la conforman.

Figura 3.12
Boleado de la masa



3.4.6 LAMINADO Y CORTADO

El laminado, se realizó haciendo pasar la masa formada por un par de rodillos lisos hasta obtener una lámina uniforme y luego se reduce gradualmente el espacio entre los rodillos hasta lograr el espesor deseado. Este modelo, se realiza en dos fases:

- **Primera fase:** se denomina sobado y se considera la parte culminante del amasado donde se consigue una lámina.
- **Segunda fase:** es el cortado que se consigue al pasar dicha lámina por un par de rodillos estriados que cortan la masa dándole la forma deseada de tallarín con una medida de 6 mm de ancho, 1½ mm de grosor y 30 cm de largo.

3.4.7 SECADO DEL FIDEO TALLARÍN

El secado, se realizó con aire caliente por un generador de aire en un secador de bandejas, acomodando los tallarines obtenidos sobre una varilla de acero inoxidable colocada transversalmente en el interior del secador. En la figura 3.11, se observa el secado del fideo tallarín.

Figura 3.13
Secado del fideo tallarín



El secado consiste en la eliminación del agua hasta un 13 % como máximo. Las condiciones más importantes a controlar durante el proceso de secado son:

- Peso del fideo húmedo al ingresar al secador.
- Temperatura de secado (40-45°C).
- Tiempo de secado (11-12 horas).
- Peso del fideo seco al terminar el proceso de secado.

3.4.8 ENVASADO

Para la selección del envase, se realizó una comparación de dos envases, bolsas de polietileno de baja densidad (60 micrones) y bolsas de celofán (45 micrones) donde se controló el incremento de peso en el producto final (fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria) durante un tiempo de almacenamiento de 38 días a temperatura ambiente 20°C.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

La metodología utilizada para obtener los resultados experimentales en el presente trabajo, se detallan a continuación:

3.5.1 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS PARA LA MASA Y EL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

Para los análisis de las propiedades fisicoquímicas, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

3.5.1.1 NORMAS Y MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN LA MASA Y EL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

Los métodos utilizados en la determinación de las propiedades fisicoquímicas, se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas en la masa y el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Detalle	Método
Fibra	Manual técnicoCEANID
Hierro	AOAC 14.011-1984
Gluten húmedo	NB 106-75
Gluten seco	NB 106-75
Proteína total	NB 406-81
Humedad	NB 028-88

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

La evaluación sensorial de los alimentos trata de establecer las propiedades organolépticas de los productos a través de los sentidos. Trabaja en base a paneles degustadores denominados jueces que hacen uso de los sentidos como herramientas

de trabajo. Observando los atributos de color, olor, aroma, textura y apariencia para establecer la preferencia o aceptabilidad del producto (Carpenter, 2000).

La valoración sensorial, es una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva consciente o inconsciente a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlas e ingerirlas. Sin embargo, las sensaciones que motivan este rechazo o aceptación varían con el tiempo y el momento en que se perciben ya que dependen tanto de la persona como del entorno(Carpenter, 2000).

Para la elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria, se tomó en cuenta la evaluación sensorial en los siguientes partes del proceso de elaboración como ser:

3.5.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA DOSIFICACIÓN DE HARINA DE QUINUA

Se procedió a elaborar tres muestras (M1, M2 y M3) con diferentes dosificaciones de harina de quinua, las cuales fueron evaluadas por dieciocho jueces no entrenados y utilizando un test en escala hedónica (Anexo A.1), para los atributos de apariencia, textura, aroma y color.

3.5.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

Se elaboraron cuatro muestras (N1, N2, N3, N4) de fideo tallarín con diferentes relaciones de harinas y porcentaje de huevo. Las cuales fueron evaluadas por catorce jueces no entrenados y utilizando un test en escala hedónica (Anexo A.2), para los atributos de apariencia, textura, aroma y color.

3.5.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL PRODUCTO FINAL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

Tomando en cuenta los datos de la muestra N4 de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. La cual fue evaluada por catorce jueces no entrenados y utilizando un test en escala hedónica (Anexo A.2), para los atributos de textura, aroma, apariencia y color.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

“Un experimento es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida” (Montgomery, 1991).

En el diseño de experimentos, se utilizan principios estadísticos para diseñar experimentos que produzcan la información correcta en el menor tiempo posible y al menor costo (Montgomery, 1991).

3.6.1 DISEÑO FACTORIAL PARA EL SECADO DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

La etapa de secado, es muy importante durante la elaboración del producto; para ello se utilizó un diseño factorial de dos niveles con dos factores y tres réplicas.

$$2^2 = 2 \times 2 = 4 \text{ repeticiones}$$

En la tabla 3.4, se observa la matriz experimental del diseño factorial 2^2 para el secado del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

Tabla 3.4
Matriz experimental del diseño factorial 2^2 para el proceso de secado del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Corridas	Combinación de tratamientos	Factores		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Total Y_i
		Temperatura (A)	Tiempo (B)				
1	(1)	-	-	+	-	+	y_1
2	a	+	-	-	-	+	y_2
3	b	-	+	-	+	-	y_3
4	ab	+	+	+	+	+	y_4

Fuente:Elaboración propia.

Donde:

A = Temperatura (°C).

B = Tiempo (min).

Y_i = Cantidad de humedad en base seca (kg agua/kg sólido seco).

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y
DISCUSIONES

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

Para realizar la caracterización de las materias primas, se detalla a continuación:

4.1.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA HARINA DE QUINUA

El análisis granulométrico, se realizó haciendo pasar una muestra de 100 g de harina integral obtenida por la molienda del grano de quinua; mediante un tamiz vibratorio con diferentes aberturas de malla. En la tabla 4.1, se detallan los resultados del análisis granulométrico realizado en la harina de quinua.

Tabla 4.1
Análisis granulométrico de la harina de quinua

Tamiz (ASTM, USA)	Abertura de la malla	Tamaño medio de la partícula (µm)	Peso retenido (g)	Porcentaje de paso por el tamiz
35	500		6	94
50	297	398	15	85
60	250	273	65	35
80	177	213	35	65
140	104	140	88	12
230	63	83	97	3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.1 podemos ver que el mayor porcentaje de paso retenido es de 65%; que corresponde al tamiz 80 con un tamaño medio de partícula de 213 micrones a una abertura de malla de 177. Así mismo, el tamiz 60 cuenta con una retención del 35 % de harina y con un tamaño de partícula de 273 micrones y una abertura de malla de 250. Estas harinas fueron las que se tomaron en cuenta para la elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

4.1.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA HARINA DE QUINUA

En la tabla 4.2, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico en 130g de harina de quinua.

Tabla 4.2
Análisis fisicoquímico de la harina de quinua

Parámetros	Unidad	Resultados
Proteína total	%	10,70
Humedad	%	11,80
Fibra	%	3,20
Gluten húmedo	%	n.d
Gluten seco	%	n.d

Fuente: CEANID, 2013.

Donde:

n.d = no detectado

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4.2, se puede observar que la cantidad de proteína total de la harina de quinua es del 10,70%, humedad del 11,80%, fibra con el 3,20%, y no se detecta (n. d) gluten húmedo y gluten seco en la harina de quinua.

4.1.3 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL HUEVO DE GALLINA

En la tabla 4.3, se muestra el contenido de proteína y humedad del huevo de gallina criolla.

Tabla 4.3
Análisis fisicoquímico del huevo de gallina criolla

Huevo entero	Proteína (%)	Humedad (%)
Gallina criolla	14,31	71,94

Fuente: Sánchez, 2007.

Como se observa en la tabla 4.3 el contenido de proteína en el huevo de gallina criolla, es del 14,31% y humedad 71,94%.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO

Para la caracterización de las variables de proceso, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.

4.2.1 DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

Se procedió a elaborar tres muestras de fideo tallarín con dosificaciones diferentes de harina de quinua, (M1: 7,5%), (M2: 10%) y (M3: 15%). Esto con el objetivo de evaluar la cantidad de harina de quinua a ser utilizada en el proceso de elaboración de fideo; mediante una evaluación sensorial en escala hedónica.

En la tabla 4.4, se observan los resultados promedios de la evaluación sensorial de los atributos calificados (apariencia, textura, aroma y color), para la dosificación de la harina de quinua.

4.2.1.1 ANÁLISIS SENSORIAL DEL ATRIBUTO APARIENCIA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE HARINA DE QUINUA

La tabla 4.4, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo apariencia en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. Elaborado con diferentes dosificaciones (porcentajes) de harina de quinua y los datos son extraídos de la tabla C.1.1 (Anexo C.1).

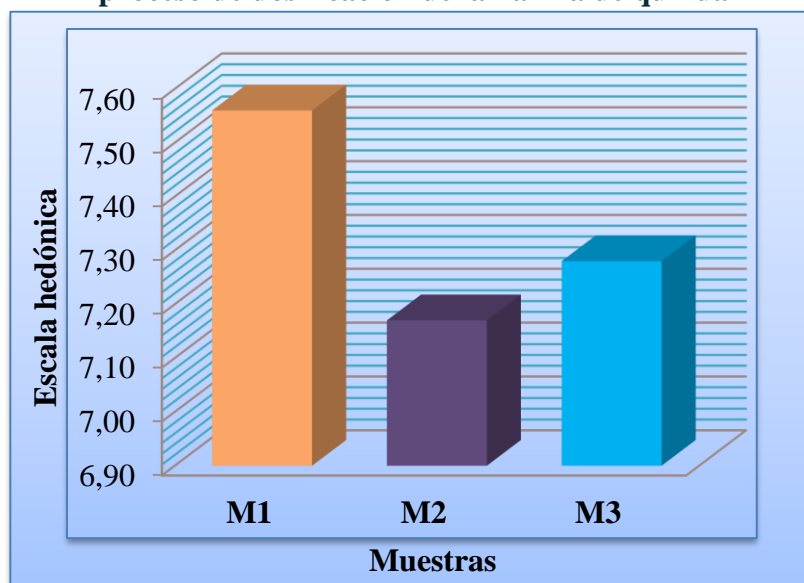
Tabla 4.4
Evaluación sensorial para el atributo apariencia en el proceso de dosificación de la harina de quinua

Jueces	Muestras (escala hedónica)		
	M1	M2	M3
1	8,00	7,00	7,00
2	8,00	7,00	6,00
3	7,00	8,00	7,00
4	8,00	7,00	7,00
5	7,00	8,00	7,00
6	7,00	6,00	8,00
7	7,00	7,00	6,00
8	8,00	8,00	8,00
9	8,00	8,00	8,00
10	9,00	8,00	8,00
11	7,00	5,00	8,00
12	5,00	6,00	6,00
13	7,00	8,00	8,00
14	9,00	8,00	8,00
15	8,00	7,00	7,00
16	8,00	6,00	6,00
17	6,00	7,00	8,00
18	9,00	8,00	8,00
\bar{x}	7,56	7,17	7,28

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.1, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo apariencia en las muestras de fideo tallarín con diferentes dosificaciones de harina de quinua; expresada en la escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.4.

Figura 4.1
Resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo apariencia en el proceso de dosificación de la harina de quinua



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.1, se observa que la muestra M1 obtiene mayor puntaje promedio de la dosificación de harina de quinua (7,56) para el atributo apariencia y las muestras M2 (7,17) y M3 (7,28); que tienen valores promedios menores en escala hedónica.

4.2.1.1.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO APARIENCIA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

En la tabla 4.5, se muestra el análisis de varianza para el atributo apariencia de las muestras de fideo tallarín con diferentes dosificaciones de harina de quinua de los datos extraídos de la tabla D.2.1.2 (Anexo D.2).

Tabla 4.5
Análisis de varianza del atributo apariencia para la dosificación de la harina de quinua

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	46,00	53,00			
Muestras	1,44	2,00	0,72	1,28	3,28
Jueces	25,33	17,00	1,49	2,64	1,94
Error	19,22	34,00	0,57		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del atributo apariencia (tabla 4.5), el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,28 < 3,28$) para una probabilidad de 0,05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las muestras; pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1 (7,5% harina de quinua) con mayor puntaje en escala hedónica, se tomó en cuenta como mejor opción en cuanto se refiere al atributo apariencia para el proceso de dosificación de la harina de quinua.

4.2.1.2 ANÁLISIS SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

La tabla 4.6, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. Elaborado con diferentes dosificaciones (porcentajes) de harina de quinua de los datos extraídos de la tabla C.1.1 (Anexo C.1).

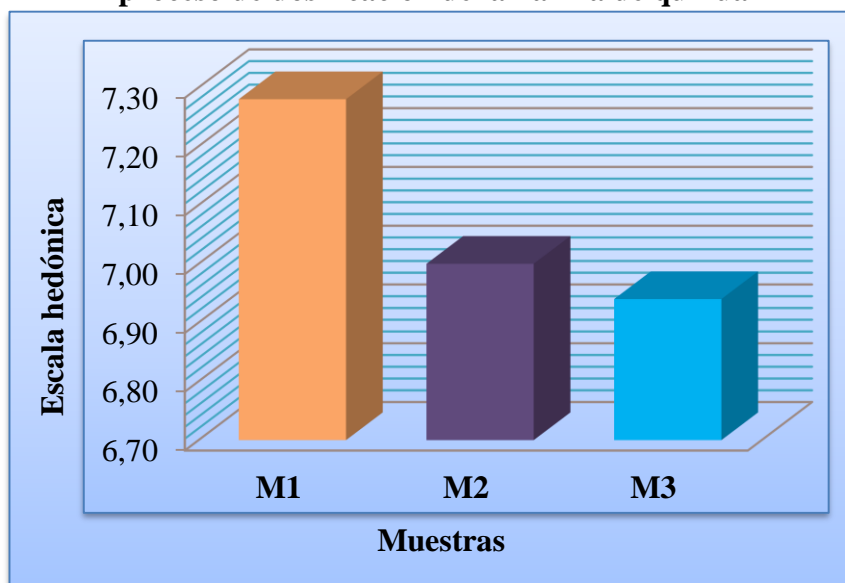
Tabla 4.6
Evaluación sensorial para el atributo textura en el proceso de dosificación de la
harina de quinua

Jueces	Muestras (escala hedónica)		
	M1	M2	M3
1	7,00	7,00	7,00
2	8,00	6,00	6,00
3	7,00	8,00	8,00
4	7,00	7,00	7,00
5	7,00	8,00	8,00
6	7,00	6,00	6,00
7	7,00	7,00	7,00
8	8,00	7,00	7,00
9	8,00	8,00	8,00
10	8,00	8,00	7,00
11	7,00	5,00	5,00
12	5,00	6,00	6,00
13	6,00	7,00	7,00
14	9,00	8,00	8,00
15	8,00	7,00	7,00
16	8,00	6,00	6,00
17	6,00	7,00	7,00
18	8,00	8,00	8,00
\bar{x}	7,28	7,00	6,94

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.2, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo textura en las muestras de fideo tallarín con diferentes dosificaciones de harina de quinua; expresada en la escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.6.

Figura 4.2
Resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de dosificación de la harina de quinua



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.1, se observa que la muestra M1 obtiene un mayor puntaje promedio de la dosificación de harina de quinua (7,28) para el atributo textura y las muestras M2 (7,00) y M3 (6,94) tienen valores promedios menores en escala hedónica.

4.2.1.2.3. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

En la tabla 4.7, se muestra el análisis de varianza para el atributo textura de las muestras de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria con diferentes dosificaciones de harina de quinua de los datos extraídos de la tabla D.2.2.2 (Anexo D.2).

Tabla 4.7
Análisis de varianza del atributo textura para la dosificación de la harina de quinua

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	61,70	53,00			
Muestras	1,15	2,00	0,57	1,00	3,28
Jueces	41,04	17,00	2,41	4,20	1,94
Error	19,52	34,00	0,57		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del atributo textura (tabla 4.7), el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,00 < 3,28$) para una probabilidad de 0,05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las muestras; pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1 (7,5% harina de quinua) con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó como mejor opción en cuanto se refiere al atributo textura en el proceso de dosificación de la harina de quinua.

4.2.1.3 ANÁLISIS SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

La tabla 4.8, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aroma en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. Elaborado con diferentes dosificaciones (porcentajes) de harina de quinua y los datos son extraídos de la tabla C.1.1 (Anexo C.1).

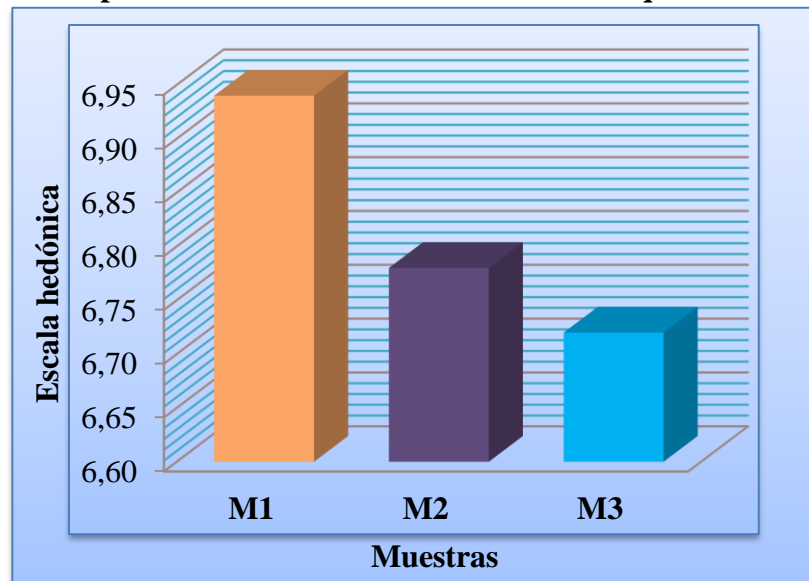
Tabla 4.8
Evaluación sensorial para el atributo aroma en el proceso de dosificación de la
harina de quinua

Jueces	Muestras (escala hedónica)		
	M1	M2	M3
1	6,00	7,00	7,00
2	8,00	7,00	6,00
3	7,00	6,00	7,00
4	7,00	8,00	7,00
5	7,00	7,00	6,00
6	6,00	6,00	7,00
7	8,00	7,00	7,00
8	7,00	7,00	6,00
9	6,00	6,00	7,00
10	7,00	7,00	7,00
11	7,00	6,00	6,00
12	6,00	6,00	7,00
13	7,00	7,00	6,00
14	8,00	6,00	7,00
15	6,00	8,00	8,00
16	7,00	7,00	7,00
17	8,00	8,00	7,00
18	7,00	6,00	6,00
\bar{x}	6,94	6,78	6,72

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.3, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo aroma en las muestras de fideo tallarín con diferentes dosificaciones de harina de quinua; expresada en escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.8.

Figura 4.3
Resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo aroma en el proceso de dosificación de la harina de quinua



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.3, se observa que la muestra M1 obtiene un mayor puntaje promedio de la dosificación de la harina de quinua (6,94) para el atributo aroma, las muestras M2 (6,78) y M3 (6,72) tienen valores promedios menores en la escala hedónica.

4.2.1.3.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

En la tabla 4.9, se muestra el análisis de varianza para el atributo aroma de las muestras de fideo tallarín con diferentes dosificaciones de harina de quinua de los datos extraídos de la tabla D.2.3.2 (Anexo D.2).

Tabla 4.9
Análisis de varianza del atributo aroma para la dosificación de la harina de quinua

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	72,09	53,00			
Muestras	3,81	2,00	1,91	2,06	3,28
Jueces	36,76	17,00	2,16	2,33	1,94
Error	31,52	34,00	0,93		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del atributo aroma (tabla 4.9), el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,06 < 3,28$) para una probabilidad de 0,05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las muestras; pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1 (7,5% harina de quinua) con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó como mejor opción en cuanto se refiere al atributo aroma en el proceso de dosificación de la harina de quinua.

4.2.1.4 ANÁLISIS SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

La tabla 4.10, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. Elaborado con diferentes dosificaciones (porcentajes) de harina de quinua y los datos son extraídos de la tabla C.1.1 (Anexo C.1).

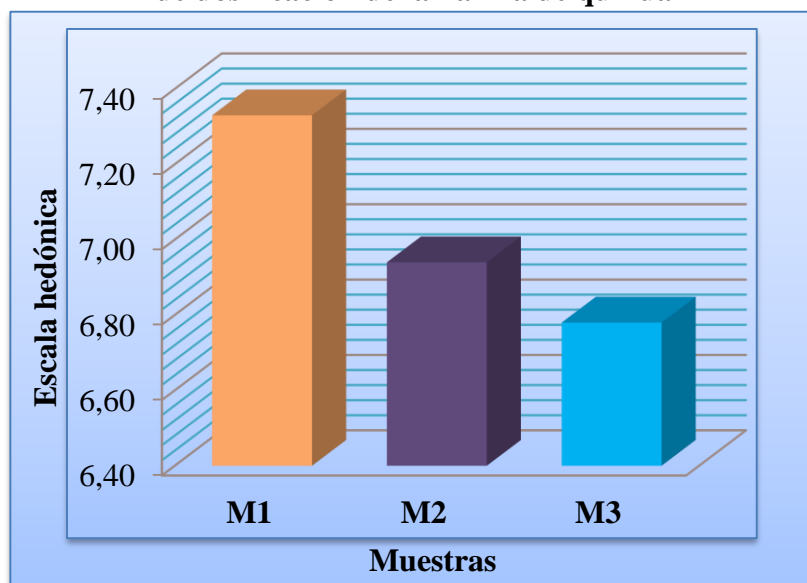
Tabla 4.10
Evaluación sensorial para el atributo color en el proceso de dosificación de
harina de quinua

Jueces	Muestras (escala hedónica)		
	M1	M2	M3
1	7,00	7,00	6,00
2	8,00	6,00	7,00
3	7,00	7,00	7,00
4	8,00	7,00	6,00
5	7,00	8,00	7,00
6	6,00	6,00	6,00
7	7,00	7,00	7,00
8	5,00	7,00	7,00
9	8,00	8,00	8,00
10	8,00	8,00	7,00
11	7,00	5,00	6,00
12	8,00	6,00	7,00
13	7,00	7,00	5,00
14	8,00	8,00	7,00
15	6,00	7,00	8,00
16	8,00	6,00	7,00
17	8,00	7,00	8,00
18	9,00	8,00	6,00
\bar{x}	7,33	6,94	6,78

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.4, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo color en las muestras de fideo tallarín con diferentes dosificaciones de harina de quinua; expresada en la escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.10.

Figura 4.4
Resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo color en el proceso de dosificación de la harina de quinua



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.4, se observa que la muestra M1 obtiene un mayor puntaje promedio de la dosificación de la harina de quinua (7,33) para el atributo color, las muestras M2 (6,94) y M3 (6,78) tienen valores promedios menores en la escala hedónica.

4.2.1.4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

En la tabla 4.11, se muestra el análisis de varianza para el atributo color de las muestras de fideo tallarín con diferentes dosificaciones de harina de quinua de los datos extraídos de la tabla D.2.4.2 (Anexo D.2).

Tabla 4.11
Análisis de varianza del atributo color para la dosificación de la harina de quinua

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	58,98	53,00			
Muestras	2,93	2,00	1,46	2,36	3,28
Jueces	34,98	17,00	2,06	3,32	1,94
Error	21,07	34,00	0,62		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del atributo color (tabla 4.11), el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,36 < 3,28$) para una probabilidad de 0,05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las muestras; pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1 (7,5% harina de quinua) con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó como mejor opción en cuanto se refiere al atributo color en el proceso de dosificación de la harina de quinua.

Analizando la preferencia de los jueces por la muestra M1 en los atributos evaluados, se procedió a tomar en cuenta este porcentaje de 7,5% de harina de quinua para la elaboración de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

4.2.2 SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

Tomando en cuenta la muestra M1 (7,5 %) de la dosificación de harina de quinua, se elaboraron cuatro muestras de fideo tallarín con diferentes porcentajes de huevo y harinas para la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. La descripción porcentual de las muestras se detalla a continuación:

Muestra N1: 25% Huevo, (82:18) Relación de harinas

Muestra N2: 15% Huevo, (82:18) Relación de harinas

Muestra N3: 25% Huevo, (80:20) Relación de harinas

Muestra N4: 15% Huevo, (80:20) Relación de harinas

Donde:

(82:18) = 82% de harina de trigo y 7,5% harina de quinua 10,5% de sémola de trigo.

(80:20) = 80% de harina de trigo y 7,5% harina de quinua 12,5% de sémola de trigo.

En base a la descripción porcentual, las muestras se sometieron a una evaluación sensorial compuesto con 14 jueces no entrenados que calificaron los atributos apariencia, textura, aroma y color.

4.2.2.1 ANÁLISIS SENSORIAL DEL ATRIBUTO APARIENCIA EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

La tabla 4.12, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo apariencia en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. Elaborado con diferentes dosificaciones (porcentajes) de ingredientes y los datos son extraídos de la tabla C.2.1 (Anexo C.2).

Tabla 4.12

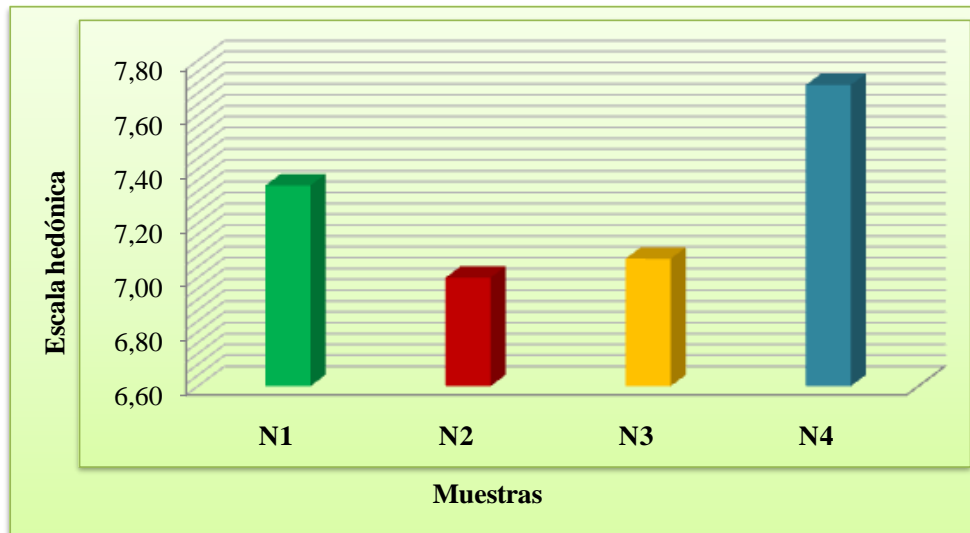
Evaluación sensorial para el atributo apariencia en el proceso de selección de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Jueces	Muestras (escala hedónica)			
	N1	N2	N3	N4
1	8,00	9,00	8,00	8,00
2	7,00	6,00	8,00	7,00
3	6,00	5,00	4,00	8,00
4	8,00	7,00	7,00	7,00
5	7,00	7,00	8,00	8,00
6	8,00	4,00	5,00	9,00
7	7,00	7,00	8,00	8,00
8	8,00	8,00	6,00	8,00
9	5,00	8,00	6,00	7,00
10	8,00	6,00	8,00	7,00
11	7,00	8,00	7,00	8,00
12	8,00	8,00	9,00	9,00
13	7,00	6,00	7,00	6,00
14	8,00	9,00	8,00	8,00
\bar{x}	7,34	7,00	7,07	7,71

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.5, se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo apariencia en las muestras para la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria; expresada en escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.12.

Figura 4.5
Resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo apariencia en el proceso de selección del fideo tallarín



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.5, se observa que la muestra N4 (15% huevo, 80:20 relación de harinas), obtiene un mayor puntaje promedio de (7,44), N3 (7,21), N2 (7,03) y N1 con un puntaje menor de (6,92) en escala hedónica.

4.2.2.1.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO APARIENCIA EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

En la tabla 4.13, se muestra el análisis de varianza para el atributo apariencia en la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria de los datos extraídos de la tabla D.3.1.2 (Anexo D.3).

Tabla 4.13
Análisis de varianza del atributo apariencia para la selección de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	71,84	55,00			
Muestras	4,63	3,00	1,54	1,58	2,83
Jueces	29,09	13,00	2,24	2,29	2,00
Error	38,13	39,00	0,98		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del atributo apariencia (tabla 4.13), el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,58 < 2,83$) para una probabilidad de 0,05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las muestras; pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra N4 (15% Huevo, (80:20) relación de harinas) con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó como mejor opción en cuanto se refiere al atributo apariencia en el proceso de selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

4.2.2.2 ANÁLISIS SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

La tabla 4.14, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. Elaborado con diferentes dosificaciones (porcentajes) de ingredientes y los datos son extraídos de la tabla C.2.1 (Anexo C.2).

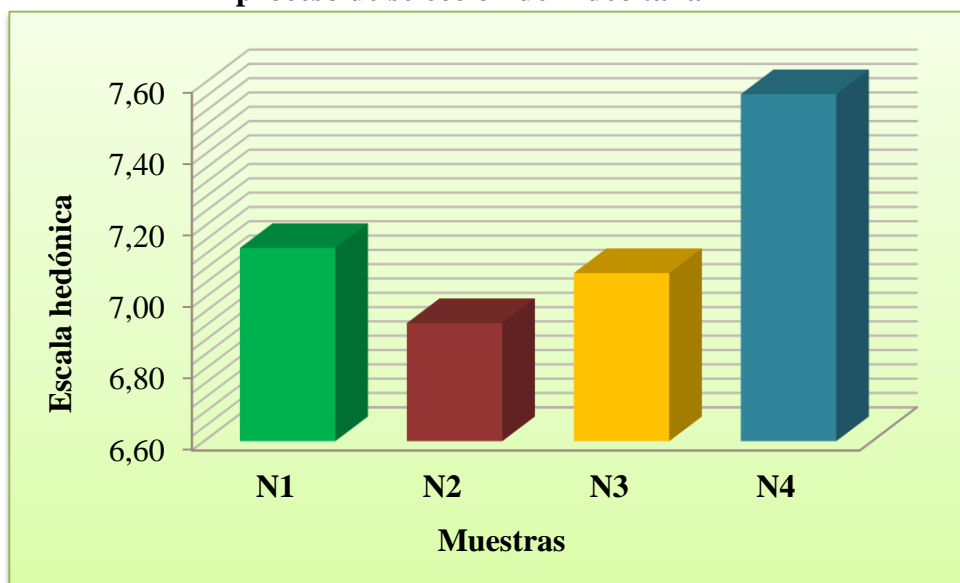
Tabla 4.14
Evaluación sensorial para el atributo textura en el proceso de selección de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Jueces	Muestras (escala hedónica)			
	N1	N2	N3	N4
1	6,00	8,00	8,00	8,00
2	6,00	5,00	7,00	8,00
3	6,00	6,00	7,00	7,00
4	8,00	8,00	7,00	7,00
5	8,00	8,00	8,00	8,00
6	4,00	5,00	5,00	7,00
7	7,00	7,00	8,00	8,00
8	8,00	7,00	6,00	8,00
9	9,00	8,00	3,00	5,00
10	8,00	8,00	9,00	7,00
11	9,00	8,00	9,00	9,00
12	6,00	6,00	8,00	9,00
13	7,00	4,00	6,00	7,00
14	8,00	9,00	9,00	8,00
\bar{x}	7,14	6,93	7,07	7,57

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.6, se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo textura en las muestras para la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria; expresada en escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.14.

Figura 4.6
Resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo textura en el
proceso de selección del fideo tallarín



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.6, se observa que la muestra N4 (15% huevo, 80:20 relación de harinas), obtiene un mayor puntaje promedio de (7,57), N3 con (7,07), N1 obtiene un puntaje de (7,14) y N2 obtiene un puntaje más bajo de (6,93) en la escala hedónica.

4.2.2.2.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

En la tabla 4.15, se muestra el análisis de varianza para el atributo textura en la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria de los datos extraídos de la tabla D.3.2.2 (Anexo D.3).

Tabla 4.15
Análisis de varianza del atributo textura para la selección de fideo tallarín con
harina de quinua y zanahoria

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	106,21	55,00			
Muestras	3,21	3,00	1,07	0,77	2,83
Jueces	48,71	13,00	3,75	2,69	2,00
Error	54,29	39,00	1,39		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del atributo textura (tabla 4.15), el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,77 < 2,83$) para una probabilidad de 0,05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las muestras; pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra N4 (15% Huevo, (80:20) relación de harinas) con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó como mejor opción en cuanto se refiere al atributo textura en el proceso de selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

4.2.2.3 ANÁLISIS SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

La tabla 4.16, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aroma en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. Elaborado con diferentes dosificaciones (porcentajes) de ingredientes y los datos son extraídos de la tabla C.2.2 (Anexo C.2).

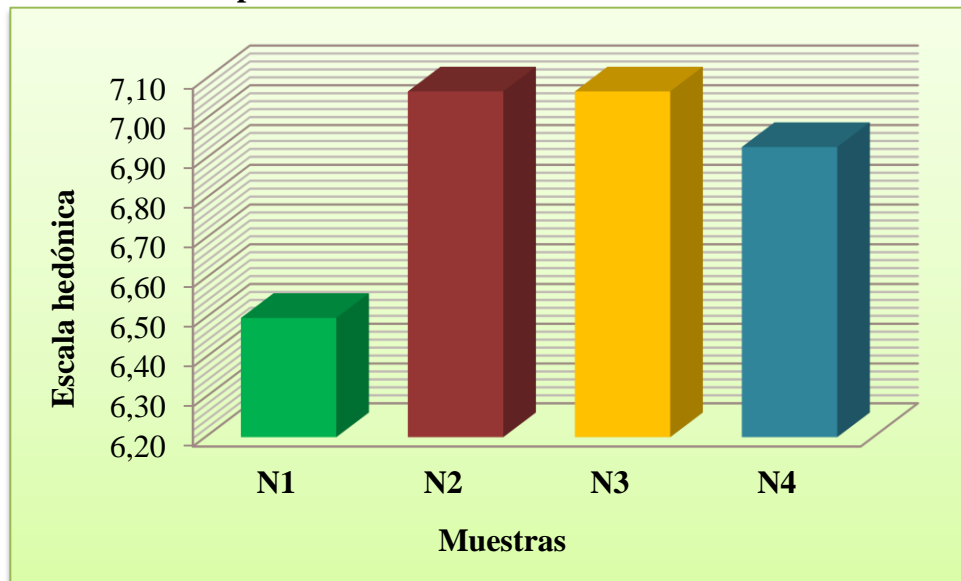
Tabla 4.16
Evaluación sensorial para el atributo aroma en el proceso de selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Jueces	Muestras (escala hedónica)			
	N1	N2	N3	N4
1	6,00	8,00	9,00	8,00
2	7,00	8,00	6,00	8,00
3	5,00	7,00	7,00	5,00
4	8,00	8,00	8,00	7,00
5	7,00	7,00	7,00	7,00
6	5,00	6,00	8,00	5,00
7	7,00	7,00	8,00	8,00
8	7,00	8,00	6,00	8,00
9	4,00	6,00	4,00	3,00
10	8,00	7,00	7,00	7,00
11	5,00	6,00	7,00	8,00
12	7,00	6,00	8,00	8,00
13	7,00	6,00	6,00	7,00
14	8,00	9,00	8,00	8,00
\bar{x}	6,50	7,07	7,07	6,93

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.7, se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo aroma en las muestras para la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria; expresada en escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.16.

Figura 4.7
Resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo aroma en el proceso de selección del fideo tallarín



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.7, se observa que la muestra N2 (15% huevo, 80:20 relación de harinas), y N3 (25% huevo, (80:20) relación de harinas) obtienen un mayor puntaje promedio de (7,07), N4 con (6,93) y N1 un puntaje de (6,50) en la escala hedónica.

4.2.2.3.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

En la tabla 4.17, se muestra el análisis de varianza para el atributo aroma en la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria de los datos extraídos de la tabla D.3.3.2 (Anexo D.3).

Tabla 4.17
Análisis de varianza del atributo aroma para la selección de fideo tallarín con
harina de quinua y zanahoria

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	89,36	55,00			
Muestras	3,07	3,00	1,02	1,18	2,83
Jueces	52,36	13,00	4,03	4,63	2,00
Error	33,93	39,00	0,87		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del atributo aroma (tabla 4.17), el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,18 < 2,83$) para una probabilidad de 0,05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las muestras; pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra N2 y N3 con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra N3 como mejor opción en cuanto se refiere al atributo aroma en el proceso de selección de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

4.2.2.4 ANÁLISIS SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

La tabla 4.18, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria. Elaborado con diferentes dosificaciones (porcentajes) de ingredientes y los datos son extraídos de la tabla C. 2.2 (Anexo C.2).

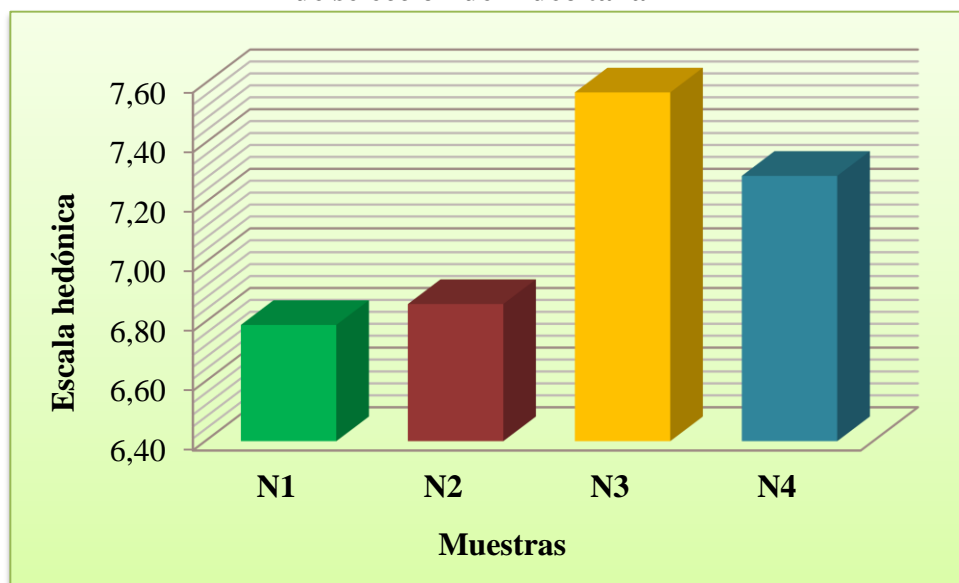
Tabla 4.18
Evaluación sensorial para el atributo color en el proceso de selección de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Jueces	Muestras (escala hedónica)			
	N1	N2	N3	N4
1	7,00	8,00	8,00	7,00
2	6,00	7,00	7,00	8,00
3	4,00	3,00	7,00	8,00
4	8,00	8,00	8,00	8,00
5	7,00	7,00	8,00	8,00
6	6,00	5,00	8,00	5,00
7	8,00	8,00	8,00	9,00
8	8,00	7,00	8,00	7,00
9	5,00	8,00	5,00	7,00
10	7,00	6,00	7,00	7,00
11	8,00	9,00	8,00	8,00
12	7,00	6,00	9,00	8,00
13	6,00	8,00	7,00	5,00
14	8,00	9,00	8,00	7,00
\bar{x}	6,79	6,86	7,57	7,29

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.8, se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo color en las muestras para la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria; expresada en escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.18.

Figura 4.8
Resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo color en el proceso de selección del fideo tallarín



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.8, se observa que la muestra N3, obtienen un mayor puntaje promedio de (7,57), N4 con (7,29), N2 obtiene un puntaje de (6,86) y N1 con un puntaje más bajo de (6,79) en la escala hedónica.

4.2.2.4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

En la tabla 4.19, se muestra el análisis de varianza para el atributo color para la selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria de los datos extraídos de la tabla D.3.4.2 (Anexo D.3).

Tabla 4.19
Análisis de varianza del atributo color para la selección de fideo tallarín con
harina de quinua y zanahoria

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	92,13	55,00			
Muestras	5,77	3,00	1,92	1,83	2,83
Jueces	45,38	13,00	3,49	3,32	2,00
Error	40,98	39,00	1,05		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del atributo color (tabla 4.19), el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,83 < 2,83$) para una probabilidad de 0,05. Por lo tanto no existe diferencia significativa entre las muestras; pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra N3 con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó como mejor opción en cuanto se refiere al atributo color en el proceso de selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

De acuerdo a la evaluación sensorial realizada a las muestras (N1, N2, N3, N4) de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria, las que obtuvieron mayor puntaje de aceptación en escala hedónica fueron N1 con (apariencia 7,74, textura 7,14, aroma 6,50, color 6,79), N3 (apariencia 7,07, textura 7,07, aroma 7,07, color 5,57) y N4 (apariencia 7,71, textura 7,57, aroma 6,93, color 7,29), se procedió a tomar en cuenta la muestra N4, como mejor opción para la elaboración del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

4.2.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MASA DEL FIDEO TALLARÍN

La tabla 4.20, muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de la masa húmeda para el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria en 100g de muestra, con el objetivo de conocer la humedad inicial del fideo antes de someterse al proceso de secado.

Tabla 4.20
Análisis fisicoquímico de la masa húmeda para el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Parámetro	Unidad	Resultados
Gluten húmedo	%	26,29
Gluten seco	%	12,94
Humedad	%	37,50

Fuente: CEANID, 2013.

La tabla 4.20, nos muestra que la masa de la mezcla tiene un contenido de gluten húmedo de 26,29%, contenido de gluten seco de 12,94% y contenido de humedad del 37,50%

4.2.3.1 DETERMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA MASA HÚMEDA PARA EL FIDEO TALLARÍN

La tabla 4.21, muestran los resultados del análisis microbiológico de la masa húmeda para el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria en 100 g de muestra, con el objetivo de garantizar la calidad final del fideo.

Tabla 4.21
Análisis microbiológico de la masa húmeda para el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Parámetro	Unidad	Resultados
Coliformes totales	NMP/g	$2,1 \times 10^3$
Coliformes fecales	NMP/g	$9,0 \times 10^1$

Fuente: CEANID, 2013.

Según la tabla 4.21, se puede observar que la masa de mezcla de insumos del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria contiene coliformes totales $2,1 \times 10^3$ NMP/g y coliformes fecales $9,0 \times 10^1$ NMP/g.

4.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE SECADO DEL FIDEO TALLARÍN

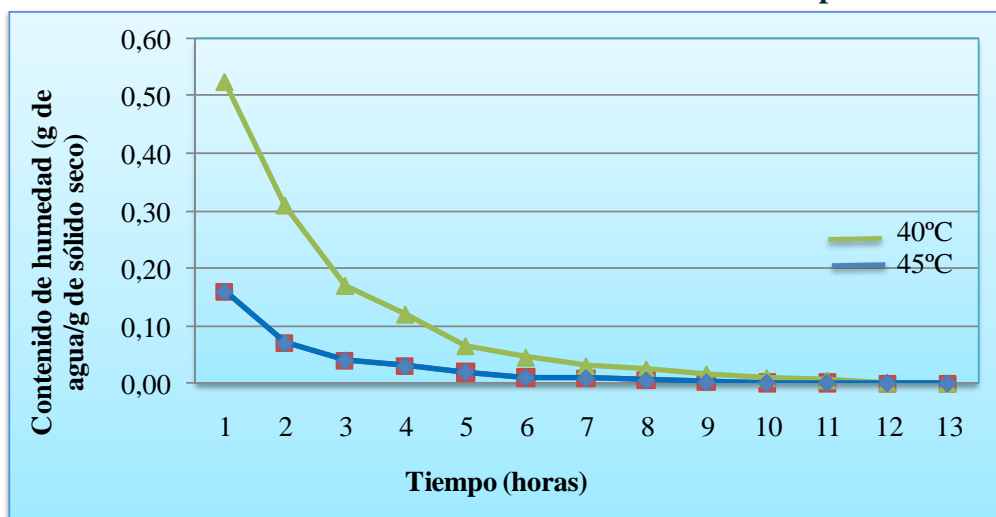
Para caracterizar las variables del proceso de secado del presente trabajo, se efectuó el cálculo de sólidos secos de la muestra final a la salida del proceso de secado;

mediante el cual se efectuaron los cálculos de pérdida de humedad en las muestras de fideo tallarín a diferentes condiciones de secado.

4.2.4.1 VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL PROCESO DE SECADO DEL FIDEO TALLARÍN

La temperatura, es una variable controlable que influye directamente en el rendimiento del proceso. En la gráfica 4.1, se muestra la variación del contenido de humedad, tomándose en cuenta intervalos de tiempo de 60 minutos los datos son extraídos de la tabla E.1.1 y E.1.2 (Anexo E.1) entre temperaturas de 40°C y 45°C. Manteniendo constante la velocidad del aire 3 m/s y tamaño de los fideos de 30 cm de largo con un ancho de 6 mm y 1½ mm de grosor.

Gráfica 4.1
Variación del contenido de humedad versus tiempo



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la gráfica 4.1, a medida que se incrementa la temperatura de 40°C a 45°C el proceso de secado se ve favorecido en la variación del contenido de humedad final; es decir, que a temperaturas de 45°C hay un mayor incremento de pérdida de agua (0,0006 g agua/g sólido seco) para un tiempo de 12 horas a diferencia de 60°C, que es menor (0,0015 g agua/g sólido seco) para un tiempo de 12 horas de secado.

4.2.4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE SECADO DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

El análisis estadístico del diseño factorial aplicada al proceso de secado, se consideró la variación de la temperatura, tiempo y contenido de humedad en las muestras de fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

La tabla 4.22, se obtiene la matriz de resultados de las variables del proceso de secado del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria; extraídos de la tabla F.2.1 (Anexo F.2)

Tabla 4.22
Diseño experimental del proceso de secado en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Corridas	Combinación	Factores		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _i
		A	B				
1	(1)	-1	-1	0,18	0,14	0,57	0,89
2	a	+1	-1	0,53	0,52	0,38	1,43
3	b	-1	+1	0,31	0,22	0,44	0,97
4	ab	+1	+1	0,47	0,51	0,55	1,53

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.23, muestra los resultados de los análisis de varianza del diseño 2²; en función del contenido de humedad en el fideo tallarín con harina de quinua; extraído de la tabla F.2.3 (Anexo F.2).

Tabla 4.23
Análisis de varianza del contenido de humedad en el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Fuente de variación (FV)	Suma cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	0,98	11			
Factor A	0,10	1	0,10	0,90	5,32
Factor B	2,13x10 ⁻³	1	2,13x10 ⁻³	0,01	5,32
Interacción (AB)	3,33x10 ⁻⁵	1	3,33x10 ⁻⁵	3,02x10 ⁻⁴	5,32
Error experimental	0,87	8	0,11		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.23, se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,90 < 5,32$) para el factor A (temperatura), lo cual se acepta la H_p y no existe evidencia estadística de variación de este factor en el proceso de secado del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria, para $p < 0,05$.

En la tabla 4.23, se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,01 < 5,32$) para el factor B (tiempo), lo cual se acepta la H_p y no existe evidencia estadística de variación de este factor en el proceso de secado del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria, para $p < 0,05$.

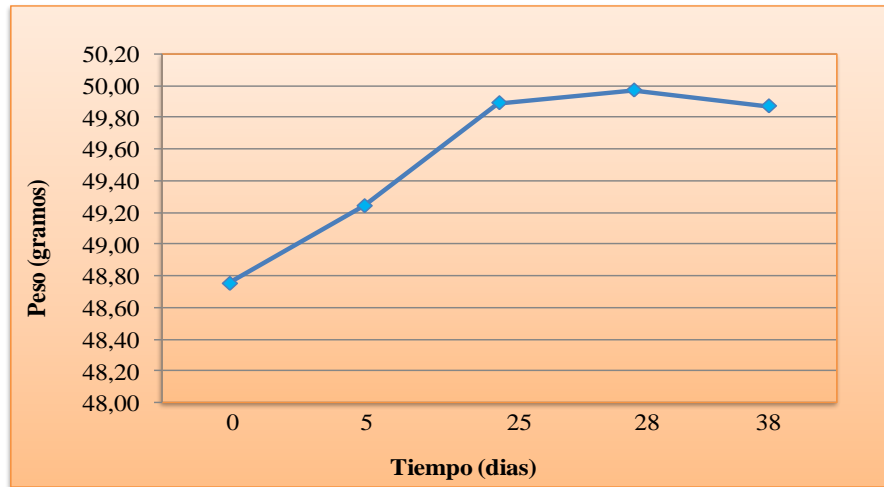
Para el caso de la interacción de los factores (AB), $F_{cal} < F_{tab}$ ($3,02 \times 10^{-4} < 5,32$) para una interacción de los factores (temperatura-tiempo), en el proceso de secado del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria, para $p < 0,05$.

En base a este análisis estadístico, se puede decir que los factores A (temperatura) y factor B (tiempo) no inciden directamente en el proceso de secado de fideo tallarín.

4.2.4.3 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ENVASE PARA EL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

Se procedió a envasar el fideo en dos diferentes envases celofán de 45 micrones y polietileno de baja densidad de 60 micrones, por un lapso de tiempo de almacenamiento de 38 días. En la gráfica 4.2, se observa la curva de variación del contenido de peso del producto en envase de celofán. Extraído de la tabla E.2.2 (Anexo E.2).

Gráfica 4.2
Variación del contenido de peso del producto en el envase de celofán

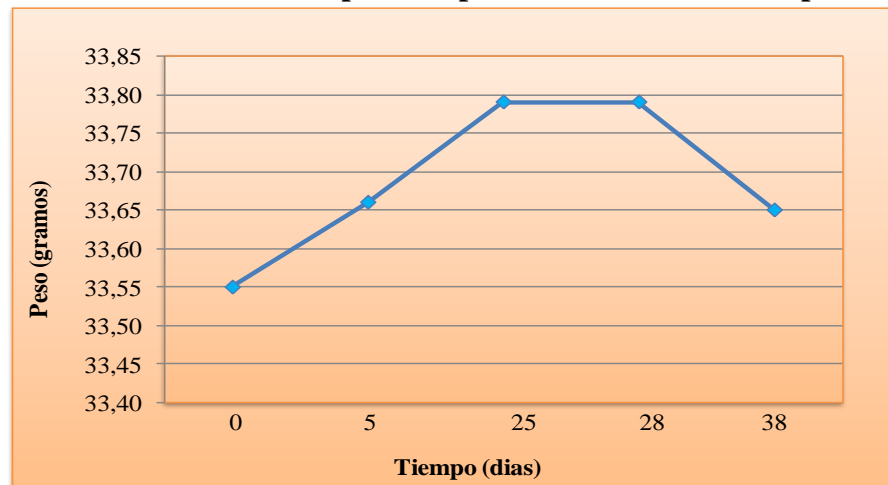


Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la gráfica 4.2, a medida que pasa el tiempo de almacenamiento, el peso de la muestra sufre un incremento de 1,12 gramos en 38 días evaluados a temperatura ambiente de 20°C.

En la gráfica 4.3, se observa la variación de contenido de humedad en el envase de polietileno 60 micrones de baja densidad. Extraído de la tabla E.2.2 (Anexo E.2).

Gráfica 4.3
Variación del contenido de peso del producto en el envase de polietileno



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la gráfica 4.3, a medida que pasa el tiempo de almacenamiento, el peso de la muestra sufre un incremento de 0,10 gramos en 38 días evaluados a temperatura ambiente de 20°C.

En base a este análisis, se procedió a utilizar como adecuado para envasar fideo en envase de polietileno de baja densidad (60 micrones). Teniendo una variación de peso de 0,10 gramos en los 38 días evaluados.

4.3 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Para caracterizar el producto final (fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria), se tomaron en cuenta las propiedades fisicoquímicas y organolépticas.

4.3.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL

La tabla 4.24, muestra los resultados del análisis fisicoquímico del producto final fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria en 100 gramos de muestra (Anexo E).

Tabla 4.24
Análisis fisicoquímico del producto final

Parámetros	Unidad	Resultados
Proteína	%	13,32
Humedad	%	7,85
Grasa	%	12,17

Fuente: CEANID, 2013.

Según la tabla 4.24, se puede observar que el producto final (fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria) tiene un contenido de proteína del 13,32%, humedad 7,85% y grasa 12,17%.

4.3.2 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO PARA EL PRODUCTO FINAL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

En la tabla 4.25, se muestra la evaluación sensorial para el producto final tomando en cuenta la muestra N4 en el proceso de selección del fideo tallarín los atributos evaluados son: textura, aroma, apariencia y color en la escala hedónica de los datos extraídos de la tabla C.2.1 y tabla C.2.2 del (Anexo C).

Tabla 4.25
Resultados de la evaluación sensorial del producto final para el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria

Jueces	Atributos sensoriales (escala hedónica)			
	Textura	Aroma	Apariencia	Color
1	8,00	8,00	8,00	8,00
2	8,00	8,00	7,00	8,00
3	7,00	5,00	8,00	8,00
4	7,00	7,00	7,00	8,00
5	8,00	7,00	8,00	8,00
6	7,00	5,00	9,00	7,00
7	8,00	8,00	8,00	8,00
8	8,00	8,00	8,00	7,00
9	5,00	3,00	7,00	8,00
10	7,00	7,00	7,00	8,00
11	9,00	8,00	8,00	8,00
12	9,00	8,00	9,00	7,00
13	7,00	7,00	6,00	7,00
14	8,00	8,00	8,00	7,00
\bar{x}	7,57	6,93	7,71	7,57

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.9, muestra los resultados promedios de la evaluación sensorial para el producto final; expresada en escala hedónica de acuerdo a los resultados de la tabla 4.25.

Figura 4.9
Resultados promedios de los atributos sensoriales para el producto final



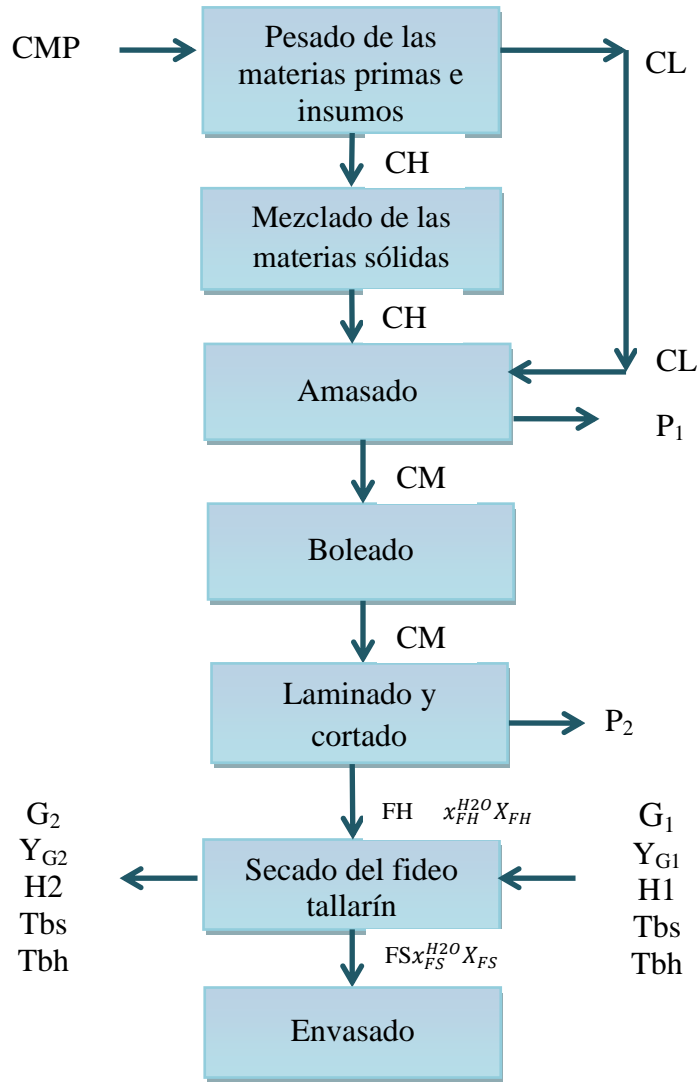
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.9, se observa que el atributo apariencia obtiene mayor puntaje de (7,71), para textura (7,57) y color de (7,57). Para el atributo aroma, se obtiene un puntaje menor (6,93) en la escala hedónica.

4.4 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL FIDEO TALLARÍN CON HARINA DE QUINUA Y ZANAHORIA

En la figura 4.10, se detalla el diagrama de bloque para efectuar el balance de materia en el proceso de elaboración del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

Figura 4.10
Diagrama de bloques del balance de materia en proceso de elaboración del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.



Donde:

CH = cantidad de harinas (g).

CMP = cantidad de materia prima (g) = 172,1 g.

CL = cantidad de líquidos (g).

CM = cantidad de masa (g).

P₁ = pérdidas (g).

P₂ = pérdidas (g).

FH = fideo húmedo (g).

FS = fideo seco (g).

$x_{FH}^{H_2O}$ = Fracción del contenido de humedad inicial del fideo.

$x_{FS}^{H_2O}$ = Fracción del contenido de humedad final del fideo.

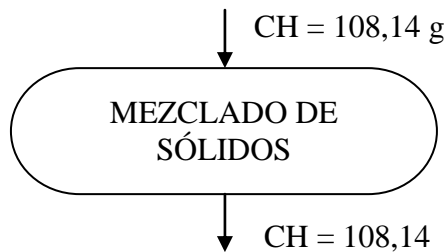
X_{FH} = fracción del contenido de humedad en base seca del fideo (g agua/g sólido seco).

X_{FS} = fracción del contenido de humedad en base seca del fideo (g agua/g sólido seco).

4.4.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE MEZCLADO DE SÓLIDOS

En la figura 4.11, se observa el diagrama de bloque para el proceso de mezclado de sólidos.

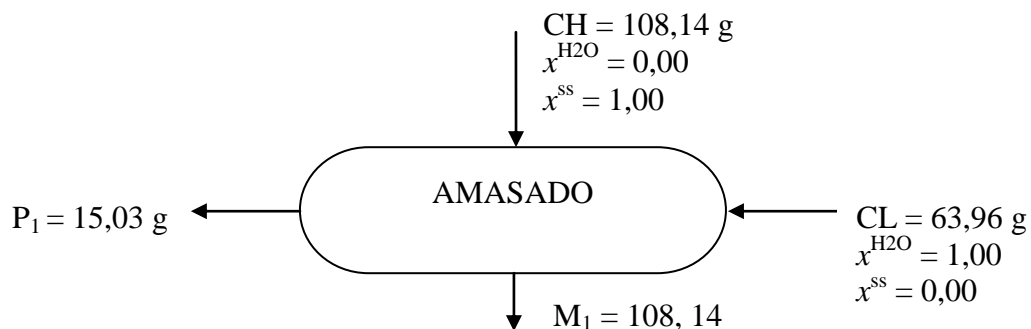
Figura 4.11
Diagrama de bloque en el proceso mezclado de sólidos



4.4.3 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE AMASADO

En la figura 4.12, se observa el diagrama de bloque para el proceso de amasado.

Figura 4.12
Diagrama de bloque en el proceso amasado



Balance general de masa para el proceso de mezclado de las materias primas e insumos:

$$CH + CL + P_1 = M_1$$

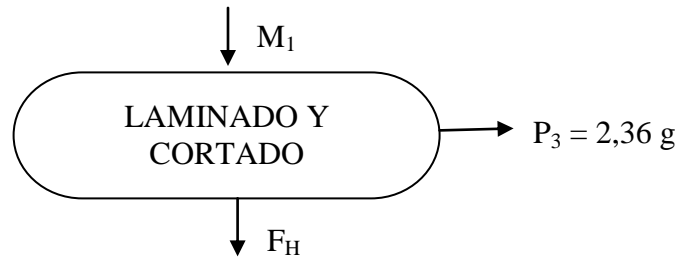
$$M_1 = 108,14 + 63,96 + 15,03$$

$$M_1 = 157,07 \text{ g}$$

4.4.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE LAMINADO Y CORTADO

En la figura 4.13, se observa el diagrama de bloque para el proceso de laminado y cortado.

Figura 4.13
Diagrama de bloque en el proceso laminado y cortado



Balance general de masa para el proceso de laminado y cortado de las materias primas e insumos

$$M_1 = FH - P_3$$

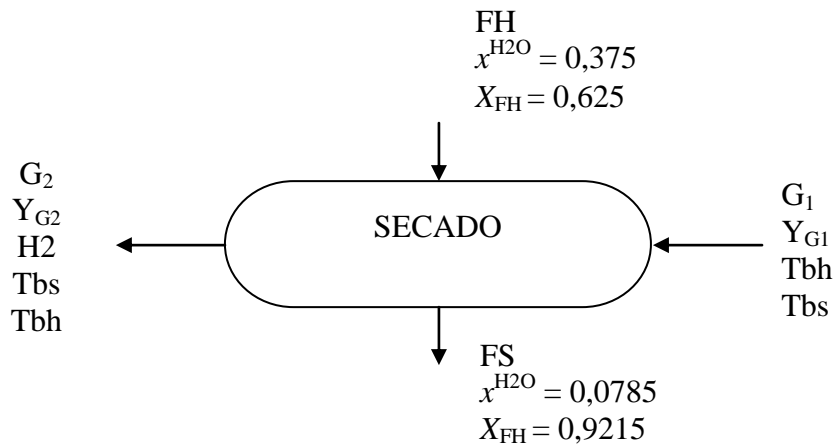
$$FH = 157,07 \text{ g} - 2,36 \text{ g}$$

$$FH = 154,71 \text{ g}$$

4.4.5 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SECADO

En la figura 4.14, se observa el diagrama de bloque para el proceso de secado.

Figura 4.14
Diagrama de bloque en el proceso de secado



Balance general de masa para el proceso de secado

$$G_1 + FH = G_2 + FS \quad (4.1)$$

Balance parcial en base seca en el proceso de secado

$$G_1 Y_{G1} + FH X_{FH} = G_2 Y_{G2} + FS X_{FS} \quad (4.2)$$

Considerando un sistema abierto

$$G_1 = G_2$$

$$FH = FS = S \text{ (cantidad del producto seco g)}$$

Reordenando la ecuación 4.2 tenemos:

$$G_2 Y_{G1} + S X_{FH} = G_2 Y_{G2} + S X_{FS} \quad (4.3)$$

$$S (X_{FH} - X_{FS}) = G_2 (Y_{G2} - Y_{G1}) \quad (4.4)$$

En la tabla 4.26, se muestran los resultados obtenidos de las propiedades psicrométricas del aire de entrada y salida del secador en base a las temperaturas de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo. Las cuales fueron realizadas utilizando un software Akton de psicrometría (Martínez–Arnold, 1996), según las condiciones de presión 610,05 mmHg y altura de 1875 m.s.n.m. de la ciudad de Tarija.

Tabla 4.26
Propiedades psicrométricas del aire en el secador

Propiedades	Aire frío	Aire caliente	Aire saturado
Tbs (°C)	25	70	38
Tbh (°C)	16,5	28	27,5
HR (%)	45,80	5,51	47,60
Y (kg agua/ kg de aire)	0,0114	0,0134	0,0254
H (kjoul/kg)	54,18	105,50	103,40
Ve (m ³ /kg)	1,090	1,246	1,162

Fuente: Martínez – Arnold, 1996.

Para calcular la cantidad de sólido seco del alimento se tomó en cuenta la expresión matemática 4.5, citada por (Valiente, 1994).

$$S = S_1 (1 - W_{S1}^{H2O}) \quad (4.5)$$

Donde:

S = cantidad del producto seco (g).

S₁ = cantidad del alimento húmedo (g).

W_{S1}^{H2O} = fracción del contenido de humedad del alimento (0,3750), dato extraído de la tabla 4.26.

Reordenando la ecuación 4.5 en función de la figura 4.19, tenemos:

$$S = FH (1 - W_{S1}^{H2O})$$

Por lo tanto

$$S = 154,71 (1 - 0,3750)$$

$$S = 96,69g$$

Para calcular la cantidad de H₂O en el secador se utiliza la expresión matemática 4.6, citada por (Valiente, 1994).

$$WE = S (W_2 - W_3) \quad (4.6)$$

Donde:

WE = cantidad de agua evaporada g.

W₂ = contenido de humedad en base seca del alimento (g agua/g sólido seco).

W₃ = contenido de humedad en base seca del alimento deshidratado (g agua/g sólido seco).

Tenemos que:

$$WE = S (X_{FH} - X_{FS}) \quad (4.7)$$

$$WE = 96,69 (11,71 - 0,01)$$

$$WE = 1131,27 \text{ g de agua evaporada en el proceso de secado}$$

Durante el proceso de secado del fideo tallarín, se tomó en cuenta el peso promedio de 105,01 g, dato experimental extraído de la tabla E.1.1 (Anexo E.1).

Despejando G_2 de la ecuación 4.4, se calcula la cantidad de caudal de aire utilizado, tomándose en cuenta el tiempo de secado del fideo de 12 horas.

$$G_2 = \frac{S (X_{FH} - X_{FS})}{Y_{G2} - Y_{G1}}$$
$$G_2 = \frac{105,01 (0,3750 - 0,0785)}{0,002 * 12h}$$
$$G_2 = 235801,1 \text{ g/h}$$

Para calcular la cantidad del aire, se tomó en cuenta la expresión matemática 4.8 citado por (Valiente, 1994). El volumen específico del aire a la salida del secador, es $1,246 \text{ m}^3/\text{kg} = 0,001246 \text{ m}^3/\text{g}$ de los datos extraído de la tabla 4.26.

$$G = G_2 * V_e \quad (4.8)$$

Donde:

G = volumen del aire seco (m^3/min)

V_e = volumen específico del aire húmedo m^3/g .

Por lo tanto:

$$G = 235801,50 (0,001246) \text{ m}^3/\text{g}$$

$$G = 293,80 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$G = 4,89 \text{ m}^3/\text{min}$$

Para calcular el caudal másico de aire caliente a la salida del secador, se tomó en cuenta la expresión matemática 4.9, citada por (Cassel–Ramírez, 2000).

$$m_{\text{aire}} = \frac{WE}{\Delta Y * t_s} \quad (4.9)$$

Donde:

m_{aire} = caudal másico (velocidad másica) de aire (kg/h).

WE = cantidad de agua evaporada en el proceso de secado (kg).

ΔY = variación del contenido de humedad absoluta (kg agua/ kg de aire).

t_s = tiempo de secado del fideo = 12 horas.

Además, la variación del contenido de humedad absoluta se puede expresar por la ecuación 4.10, citada por (Cassel–Ramírez, 2000) y de datos extraídos de la tabla 4.26.

$$\Delta Y = Y_s - Y_c \quad (4.10)$$

Donde:

Y_s = contenido de humedad del aire saturado 0,0254 (kg agua/ kg de aire), tabla 4.26.

Y_c = contenido de humedad del aire caliente 0,0134 (kg agua/ kg de aire seco), tabla 4.26.

Reemplazando los datos de la ecuación 4.10, tenemos:

$$\Delta Y = (0,0254 - 0,0134) \text{ kg agua/ kg de aire seco}$$

$$\Delta Y = 0,012 \text{ kg agua/ kg de aire seco}$$

Así mismo, realizando los reemplazos de datos en la expresión matemática 4.9, se puede obtener el caudal másico de aire.

$$m_{\text{aire}} = \frac{1,108 \text{ kg (agua evaporada)}}{0,012 \text{ kg agua/ kg de aire seco} * 12 \text{ h}}$$

$$m_{\text{aire}} = 7,70 \text{ kg aire/h}$$

Para calcular la velocidad volumétrica del aire, se tomó en cuenta la expresión matemática 4.11, citada por (Valiente, 1994). Así mismo, el volumen de aire húmedo correspondiente al aire de entrada al secador en base a condiciones del aire húmedo de 1,09 m³/kg, dato extraído de la tabla 4.26.

$$G_1 = m_{\text{aire}} * V_e \quad (4.11)$$

Por lo tanto

$$G_1 = 7,70 \text{ kg/h (1,09m}^3\text{/kg)}$$

$$G_1 = 8,39\text{m}^3\text{/h}$$

Para calcular el área del anemómetro $A = \pi R^2$, debe considerarse el diámetro del anemómetro de entrada del aire, que es de 21 cm = 0,21 m. Así mismo, realizando la

transformación de unidades y la conversión de diámetro a radio: $R = D/2$, se tiene que: $R = 0,105$ m.

La velocidad neta del aire a la entrada del secador, puede ser estimada a través de la expresión matemática 4.12, citada por (Lewis, 1993).

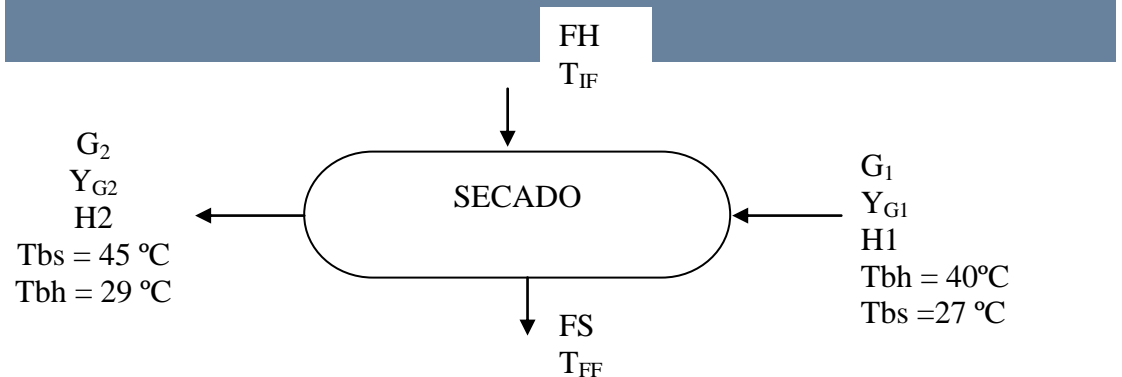
$$V = \frac{G_1}{A} = \frac{G_1}{\pi R^2} = \frac{8,39 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi(0,105)^2} = 242,23 \text{ m/h}$$

$$V = 0,067 \text{ m/s}$$

4.5 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE SECADO

En la figura 4.15, se detalla el diagrama de bloque del balance de energía en el proceso de secado del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria.

Figura 4.15
Diagrama de bloque del balance de energía en el proceso de secado



Donde:

T_{IF} = Temperatura inicial del fideo tallarín húmedo ($^{\circ}\text{C}$).

T_{FF} = Temperatura final del fideo tallarín seco ($^{\circ}\text{C}$).

$H2$ = Entalpía de aire caliente = 105,50 kcal/kg (Martínez–Arnold, 1996).

$H1$ = Entalpía de aire frío = 54,18 kcal/kg (Martínez–Arnold, 1996).

T_{bs} = Temperatura de bulbo seco (kg de agua/kg de sólido seco).

T_{bh} = Temperatura de bulbo húmedo (kg de agua/kg de sólido seco).

Para determinar la cantidad de calor de evaporación, en el proceso de secado del fideo, se procedió a utilizar la expresión matemática 4.13, citada por (Marfat, 1994).

La misma es válida a presión constante, o sea, que el cambio de entalpía de un sistema es igual al calor sólo cuando el proceso se lleva a cabo a presión constante, mediante la expresión matemática 4.14, citada por (Lewis, 1993).

$$Q_{\text{vap}} = m_{\text{aire}} C_{\text{p aire}} (\Delta T) \quad (4.13)$$

Donde:

$C_{\text{p aire}}$ = capacidad calorífica del aire (kcal/kg °C)

m_{aire} = cantidad de aire (kg/h)

ΔT = variación de temperatura °C

Q_{vap} = cantidad de calor por evaporación (kcal/h)

También la ecuación 4.13, se puede expresar como:

$$\Delta H = Q_{\text{vap}} = m_{\text{aire}} C_{\text{p aire}} (\Delta T) \quad (4.14)$$

La misma es válida cuando no existe reacción química o cambio de estado entre los componentes que intervienen en el proceso de transformación agroalimentario. Es decir, para sistemas abiertos, donde no exista acumulación y que están en función de sus entalpías iniciales y finales.

La expresión matemática 4.15, citada por (Valiente, 1994); se puede expresar como una función de cambios de entalpías iniciales y finales del aire en el secador.

$$Q_{\text{vap}} = m_{\text{aire}} C_{\text{p aire}} (\Delta T) = m_{\text{aire}} (H^{\circ}_{\text{final}} - H^{\circ}_{\text{inicial}}) \quad (4.15)$$

Al reordenar las ecuaciones 4.14 y 4.15, pueden expresarse en una nueva expresión matemática 4.16.

$$Q_{\text{vap}} = m_{\text{aire}} (\Delta H) \quad (4.16)$$

Reemplazando los valores encontrados para el aire de la tabla 4.26, y el caudal de aire frío en el secador se puede obtener:

$$Q_{\text{vap}} = 7,70 \text{ kg/h} (105,5 - 54,18) \text{ kjoul/kg}$$

$$Q_{\text{vap}} = 7,70 \text{ kg/h} (51,32 \text{ kjoul/kg}) \frac{0,23884 \text{ kcal/kg}}{1 \text{ kjoul}} * 12 \text{ h}$$

$$Q_{\text{vap}} = 1132,35 \text{ kcal/h.}$$

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis granulométrico de la harina de quinua los porcentajes de retención que se utilizaron en la elaboración de fideo tallarín, fueron de 65%, que corresponde al tamiz 80 con un tamaño de partícula de 213 micrones a una abertura de malla de 177 y el tamiz 60 con una retención de 35% y un tamaño de partícula de 273 micrones a una abertura de malla de 250.
- En cuanto a las propiedades fisicoquímicas de la harina de quinua, presentó un contenido de proteína total de 10,70%, humedad 11,80%, fibra 3,20% y no se detecta gluten húmedo y gluten seco.
- Entre las propiedades fisicoquímicas del huevo de gallina criolla, presenta un contenido de proteína del 14,31% y humedad del 71,94%.
- En base al análisis sensorial realizado para establecer la dosificación de harina de quinua de tres muestras analizadas, se obtuvo la muestra M1 (7,5% de harina de quinua) con un puntaje promedio mayor en los atributos evaluados, apariencia 7,56, textura 7,28, aroma 6,94, color 7,33, en escala hedónica.
- En cuanto al análisis sensorial realizado en el proceso de selección del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria de las cuatro muestras analizadas, se consideró la muestra N4 (15% Huevo, (80:20) Relación de harinas), obteniendo un puntaje promedio mayor en los atributos evaluados, apariencia 7,71, textura 7,57, aroma 6,93, color 7,29, en escala hedónica.
- En base al análisis fisicoquímico y microbiológico de la masa húmeda, se determinó un contenido de gluten húmedo del 26,29%, gluten seco 12,94%, humedad 37,50%, coliformes totales $2,1 \times 10^3$ NMP/g y coliformes fecales $9,0 \times 10^1$ NMP/g.

- A medida que se incrementa la temperatura de 40°C a 45°C en el proceso de secado, se ve favorecido en la variación del contenido de humedad final para una velocidad de aire 3m/s y tamaño de los fideos de 30 cm de largo con un ancho de 6 mm y 1½ mm de grosor; alcanzando un valor de (0,0006 g agua/g sólido seco) para un tiempo total de secado de 12 horas a 45 °C.
- De acuerdo al análisis estadístico del diseño factorial 2² de las variables del proceso de secado, temperatura y tiempo. Se pudo evidenciar que los factores no inciden directamente en el proceso de secado para una (p<0,05).
- Se determinó el envase para el fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria con una variación de peso de 0,011g en 38 días de almacenamiento a temperatura ambiente de 20°C las bolsas de polietileno de baja densidad (60 micrones) de espesor.
- En base a los análisis fisicoquímicos realizados al producto final, se determinó que presenta un contenido de humedad del 7,85%, proteína 13,32%, y grasa 12,17%.
- El producto final fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria fue evaluado sensorialmente por jueces no entrenados que calificaron los atributos de textura 7,57, aroma 6,93, apariencia 7,71 y color 7,57 en escala hedónica.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda la continuación del trabajo de investigación, utilizando como materia prima otro cereal similar a la harina de quinua; como ser harina de coime, que por su composición nutricional podría ser reemplazado en la elaboración de fideo tallarín enriquecido; ya que tendría las mismas bondades nutricionales que la quinua.
- Se recomienda la implementación del fideo tallarín con harina de quinua y zanahoria en las dietas alimentarias para mujeres en etapa de gestación y niños menores de cinco años. Con la finalidad de coadyuvar a la deficiencia nutricional de este grupo de personas en la ciudad de Tarija.
- Se recomienda la implementación de una planta piloto procesadora de fideo tallarín; ya que aportaría al desarrollo agroindustrial de la provincia Cercado y de esta manera coadyuvar a generar un valor agregado para el sector productor de cereales de la zona alta.