

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E  
INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS**



**“ELABORACIÓN DE FIDEOS ENRIQUECIDA CON HARINA  
DE FRIJOL DE PALO (*Cajanus cajan* Linneo) PIGMENTADO  
CON HARINA DE ZAPALLO (*Cucúrbita máxima*)”**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por:**

**RAQUEL ESTRELLA TORRES**

**TINGO MARÍA – PERU**

**2014**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156  
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; [fia@unas.edu.pe](mailto:fia@unas.edu.pe)

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 014-2014**

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 27 de diciembre de 2014, a horas 10:00 a.m. en la Sala de Audiovisuales de la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **RAQUEL ESTRELLA TORRES**, titulada:

**“ELABORACION DE FIDEOS ENRIQUECIDA CON HARINA DE FRIJOL DE PALO (*Cajanus cajan* Linneo) PIGMENTADO CON HARINA DE ZAPALLO (*Cucúrbita máxima*)”**

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia la Bachiller, queda apta para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 51° y 52° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 29 de diciembre de 2014

  
.....  
Ing. Eduardo Cáceres Almenara  
Presidente

  
.....  
Ing. Humberto Rivera Rojas  
Miembro

  
.....  
Ing. Alfredo Carmona Ruiz  
Asesor

## RESUMEN

En nuestro país la mayor parte de la población carece de una dieta completa, porque no provee todos los nutrientes en la cantidad y calidad adecuada lo que genera desnutrición, algunas de las características del patrón alimentario de nuestra dieta son el consumo generalizado de cereales y derivados, bebidas calientes, seguido de alimentos formadores y por último se encuentra un bajo consumo de leguminosas y hortalizas (frijol, lenteja, habas, zapallo, entre otras), por tal motivo este trabajo pretende hacer una contribución al país de tal manera que se dé a conocer el gran potencial nutricional de los alimentos que poseemos mediante la utilización de especies vegetales nativas aptas para el consumo humano, tales como el frijol de palo y el zapallo en la elaboración de fideos, la opción de elaborar estos productos con materia prima peruana fomentaría el interés en una sustitución parcial de sémola de trigo por alimentos como las leguminosas (frijol de palo) y hortalizas (zapallo), es decir, la utilización de mezclas vegetales nativas que den una alternativa para que se promueva en especial el cultivo del frijol de palo y sea acogido por inversionistas nacionales para su posible inclusión en la industria alimentaria

Según los objetivos planteados y habiendo desarrollado el trabajo según un diseño experimental, resultado una hipótesis concluimos en lo siguiente: se desarrolló una formulación adecuada para un fideo enriquecido cuya

formulación es como sigue: sémola de trigo (82,50%) 655,87 g; harina de frijol de palo (10,00%) 79,50 g; harina de zapallo (7,50%) 59,63 g; huevo (15,84%) 190,08 g; aceite (1,54%) 18,48 g; sal (0,53%) 6,36 g; agua (15,84%) 190,08 g; la caracterización granulométrica realizada para harinas de frijol de palo y zapallo permitió establecer rendimientos de molienda para el frijol de palo de 81.82% mediante combinación de cribas con luz de malla 1.2 y 0.5 mm; para el zapallo se obtuvieron rendimientos del 72.42% con luz de malla 2.0 y 0.5 mm, logrando mayor retención de material con diámetros de partícula en el rango 125µm a 63 µm que corresponden a un 80%; desde el punto de vista nutricional se presentó un incremento gradual en el aporte proteico debido a la inclusión de harina de frijol de palo, logrando un incremento proteico sobre el contenido basal de la sémola de trigo desde un del 6.4% para T1, hasta un 21.4% para T4, por lo cual se da una nueva alternativa de la utilización del grano de frijol de palo y cuya harina sea sustituto parcial de la sémola de trigo en la elaboración de fideos; establecimos el proceso productivo definitivo mediante las siguientes operaciones: recepcionado, pesado, mezclado, amasado, laminado o extruido, moldeado, presecado, secado, enfriado, empacado y almacenado. Teniendo un rendimiento final de 90,74; bajo las pruebas de calidad realizadas se puede concluir que la pasta que mejor comportamiento tuvo fue la T0 seguida de la T1 puesto que a mayores niveles de sustitución se obtuvieron altos niveles de sedimentación, factor influenciado al remover adversamente la proteína funcional o gluten relacionado con la desproporcionalidad entre tenacidad y extensibilidad. Por otro lado el panel sensorial permitió evaluar la calidad del producto elaborado bajo los atributos

que normalmente se aplican para la industria alimentaria, las características que sobresalieron del fideo (T1) fue color y olor, pero en general la valoración obtenida para todos los tratamientos fue superior al término medio debido a que la textura del producto, la sensación bucal y el sabor estuvo por encima de no gusta ni disgusta pero por debajo del testigo por lo tanto presenta características de calidad que satisfacen el gusto del consumidor; al realizar el análisis proximal para la pasta definitiva (T1) se obtuvo un nivel de proteína de 12,2 por encima del testigo y menor de fideo comercial; presentó un incremento en el contenido de minerales, carbohidratos y grasa además de presentar un valor agregado de carotenoides totales como posibles precursores de provitamina A.

## **ABSTRACT**

In our country most of the population lacks, because not he provides all the nutrients in the quantity and adequate quality what g food boss enera malnutrition, any of them features are the widespread consumption of cereals and derivatives, drunk hot, followed of formadores foods and by last one consumption of leguminous and vegetables finds a ground floor (cowpea; lentil; faba beans; winter squash, between other,) by how I motivate this work claims to do a contribution to the country of such way that gives one to know the big nutritional potential of the foods that own by the species use vegetal native apt for the human, such consumption I eat the stick bean and the winter squash in the noodle elaboration, the option of making these products with Peruvian raw material would promote the interest in a partial substitution of wheaten semolina by foods as the leguminous ones (stick bean) and vegetables (winter squash,) that is to say, the use of native vegetal mixtures that give alternative joins for which one I promote in special the stick bean cultivation and are accepted by national investors for his possible inclusion in the food industry

According to the silver-plating and objectives having developed the work according to an experimental design, been a hypothesis we end in the following: An adequate formulation for a noodles was developed enriched whose formulation he is as follows: Semolina wheaten (82,50%) 655,87 g; flour of bean of stick (10,00%) 79,50 g; winter squash flour (7 50%) 59,63 g; egg (15,84%)

190,08 g; oil (1,54%) 18,48 g; salt (0,53%) 6,36 g; he spoils (15,84%) 190,08 g; the granulométrica made characterization stops stick bean flours and winter squash allowed to set milling performances for the bean of stick of 81.82% by combination of sieves with mesh light 1.2 and 0.5mm; for the winter squash they obtained one 72.42% with mesh light 2.0 and 0.5 mm achieving material with diameters of particle in the rank 125µm bigger retention performances To 63µm that tally to one 80%; from the nutritional viewpoint a gradual increment introduced himself in the protean contribution because of the flour inclusion of bean of stick, achieving an increment protean on the basal content of the semolina wheaten from one of that 6.4% stops T1, until a 21.4% for T4, by which one a new gives alternative of the use of that I seed of stick bean and whose flour is partial substitute of the wheaten semolina in the noodle elaboration; we set the definitive productive process by the following operations: Reception; weighed; mixed; mixed; laminated; moulding; dried pre; dried; gotten cool; baled and stored. Having a final performance of 90,74; under the made tests of quality one can end that the paste that better behavior had was the followed T0 of the T1 because to bigger substitution levels one sedimentation high levels, factor influenced when turning over the functional protein adversely or related gluten to her obtained proportion does not bring in tenacity and extensibility. By other side the sensory panel allowed to evaluate quality of the made product under the attributes that the features that stuck out are usually applied for the food industry, of that noodles (T1) was color and smell, but the obtained valuation for all the treatments went above the term I am because of which the product texture, the feeling generally oral and the taste was above of he does not like

not he upsets but below the witness he presents characteristic of quality that satisfy the consumer taste therefore; when making the proximal analysis for the definitive paste (T1) obtained a level of protein of 12,2 above commercial noodle witness and young person; he presented one l increment by the content of minerals, carbohydrates and grease besides presenting an aggregated total carotene value as possible precursor of pro-vitamin To.



## **I. INTRODUCCIÓN**

El aumento demográfico de la población humana requiere cada día de mayores volúmenes de alimentos que satisfagan las necesidades alimenticias; este fenómeno afecta a países subdesarrollados donde la producción de algunos alimentos no cubre con las necesidades nutricionales requeridas por la población.

Por otra parte la situación socioeconómica que afrontan estos países ocasiona en sus habitantes un problema de carencia de alimentos, debido al bajo poder adquisitivo para acceder a estos, lo que contribuye a aumentar el nivel de desnutrición, condición a la cual nuestro país no está libre.

La mayor parte de la población peruana carece de una dieta completa en su composición, porque no provee todos los nutrientes en la cantidad y calidad adecuada generando enfermedades secundarias a la desnutrición, ésta se presenta por diferentes razones; algunas se relacionan con el acceso de los alimentos, los hábitos de consumo, el desconocimiento de los valores nutritivos que algunos alimentos aportan y uno de los más importantes el desbalance de la dieta alimentaria.

Algunas de las características del patrón alimentario de nuestra dieta son el consumo generalizado de cereales y derivados (arroz, maíz, trigo, pan y pastas), bebidas calientes (chocolate, té café, infusiones, etc.), seguido de alimentos formadores (carne, huevos, leche y sus derivados) y por último se

encuentra un bajo consumo de leguminosas y hortalizas (frijol, lenteja, habas, zapallo, entre otras).

Este trabajo pretende hacer una contribución al país de tal manera que se dé a conocer el gran potencial nutricional de los alimentos que poseemos mediante la utilización de especies vegetales nativas aptas para el consumo humano, tales como el frijol de palo, quinua, lupino entre otras, una alternativa viable nutricionalmente para elaborar productos alimenticios que incrementen el aporte de nutrientes mediante alimentos de consumo masivo como las pastas alimenticias, panes y sopas instantáneas.

Las materias primas que se utilizarán para el desarrollo de este proyecto son de producción netamente nacional, con productos como el frijol de palo y el zapallo.

Actualmente se importa el 98% del trigo que consume el país, teniendo en cuenta que la productividad por hectárea en el país está por debajo de otras actividades como la horticultura o la producción de leche; se convierte en una problemática que no favorece la economía nacional, ya que la compra genera un gasto de divisas en la adquisición de materia prima extranjera, por consiguiente, la opción de elaborar pastas con materia prima peruana fomentaría el interés en una sustitución parcial de sémola de trigo por alimentos como las leguminosas (frijol de palo) y hortalizas (zapallo), es decir, la utilización de mezclas vegetales nativas que den una alternativa para que se promueva en especial el cultivo del frijol de palo y sea acogido por inversionistas nacionales para su posible inclusión en la industria alimentaria, ante lo expuesto nos planteamos los siguientes objetivos:

- Desarrollar una formulación adecuada para un fideo enriquecido mediante la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de frijol de palo con el fin de incrementar el aporte proteico de este alimento; además de pigmentarse con carotenoides de origen natural mediante la inclusión de harina de zapallo en la formulación.
- Llevar a cabo la adecuación y caracterización granulométrica para la harina de frijol de palo y de zapallo.
- Realizar la caracterización fisicoquímica de la mezcla de sémola, harina de frijol de palo y zapallo.
- Establecer el proceso productivo definitivo mediante un flujograma, balance de materia y rendimiento.
- Evaluar la calidad de los fideos obtenidos mediante las pruebas de cocción y del análisis sensorial.
- Efectuar la caracterización fisicoquímica del fideo que corresponde al mejor tratamiento.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua.

La pasta es un alimento de consumo masivo que posee varias ventajas: larga vida útil, aporta energía en la dieta y amplia aceptación por parte del consumidor. La quinua (*Chenopodium quinoa willd*) es un pseudocereal cuyo aprovechamiento se promueve por su buena calidad nutricional, por el potencial de producción y el fácil desarrollo del cultivo bajo diferentes condiciones ambientales con tecnologías sencillas. La pasta sustituida parcialmente con quinua puede representar beneficios sobre la salud y la nutrición de los consumidores, ya que éstas tendrían una mejor calidad nutricional comparada con la pasta comercial de 100% sémola de trigo. El presente estudio incluye el desarrollo tecnológico de productos con dos niveles de sustitución del 10% y 30%, con dos harinas de quinua correspondientes a las variedades Aurora y Blanca Jericó, cultivadas en Colombia, así como el análisis de la adición de dos agentes estructurantes: Carboxi metil celulosa (2%) y almidón de maíz pregelatinizado (9%). Las variables de respuesta en

las pastas elaboradas fueron calidad de la pasta cruda (color, valor nutricional proximal, dureza/fracturabilidad y calidad microbiológica), calidad en la cocción (tiempo óptimo de cocción y degradación por liberación de almidón) y calidad de la pasta cocida (evaluación sensorial, propiedades mecánicas y biológicas). Los resultados mostraron que las pastas cumplen con los estándares tecnológicos exigidos en la legislación nacional y que son comparables con pastas comerciales de 100% sémola de trigo, ofreciendo una buena calidad nutricional y una buena calidad microbiológica. No se pudieron establecer diferencias en la calidad de las pastas elaboradas entre las dos variedades de quinua utilizadas, sin embargo, ciertas características mecánicas alcanzadas en las pastas elaboradas con quinua Blanca Jericó y Carboxi metil celulosa como agente estructurante, hacen considerar que estas variedades dulces cultivadas en Colombia resultan altamente promisorias. Definitivamente la calidad en la cocción y propiedades mecánicas son inferiores a las de pastas no sustituidas, con mayor liberación de almidón durante la cocción, pero con tiempos de cocción óptimos menores, sin embargo se mantienen en un nivel aceptable para su preparación. Aunque los indicadores bioquímicos evaluados en los pacientes no aumentaron ni descendieron, este estudio exploratorio indica que estas pastas sustituidas con quinua pueden ser utilizadas en dietas especiales, como en el caso de pacientes diabéticos. (MORA, 2012).

### **2.1.2. Evaluación de la composición fisicoquímica y sensorial de pastas tipo “FETTUCCHINE” elaboradas con harina compuesta de guapo y de trigo jurados**

Las pastas alimenticias son un producto de consumo masivo, considerado además un alimento funcional por su bajo aporte de grasa. Básicamente, se elaboran de sémolas de trigo y agua principalmente. El objetivo de este estudio fue la obtención de la harina del rizoma de guapo (*Maranta arundinacea*) y la elaboración de pastas alimenticias tipo “FETTUCCHINE” con harina de trigo (*Triticum vulgare*) y harina compuesta (trigo-guapo). Se realizó un análisis proximal (humedad, proteínas, grasa, fibra cruda, cenizas y carbohidratos) tanto para las harinas como para las pastas elaboradas. Se evaluaron los atributos sensoriales de las pastas en cuanto a color, sabor y textura; también se realizó un estudio estadístico aplicando una prueba de comparación pareada por preferencia (prueba de dos colas), en la cual se contó con un panel de 30 panelistas. Los resultados de la composición proximal, muestran que al comparar harina de guapo con la harina de trigo, el contenido de carbohidratos, cenizas y fibra cruda fue superior en la harina de guapo en 6,61 %, 73,47 % y 43 %, respectivamente; la pasta trigo-guapo presentó mayor contenido de fibra cruda y ceniza y menor contenido de proteínas y grasa que la pasta elaborada con harina de trigo. En la evaluación sensorial la pasta trigo-guapo presentó diferencia significativa en cuanto al color y al sabor; mientras que en la textura la pasta control presentó mayor dureza y adhesividad. Finalmente se realizó un estudio económico donde se determinó que el proceso para la producción de pastas alimenticias con harina

compuesta trigo-guapo es rentable (GONZÁLEZ; IBAÑEZ, 2010).

## **2.2. Seguridad alimentaria**

El afán de la industrialización y la carrera del desarrollo socioeconómico impuesto en el presente siglo, ha enfocado la atención para mirar hacia una mayor producción de alimentos sin tener en cuenta factores como la calidad y el valor nutritivo de productos que se ofrecen hoy día al consumidor.

En numerosos países el rápido crecimiento de la población dificulta mantener la producción agrícola a la par con la creciente demanda de alimentos; en su mayoría, esos países ya están cultivando prácticamente toda la tierra arable y destinando cada vez más tierras marginales a los cultivos.

Un fenómeno que aqueja a la humanidad es el crecimiento desmedido de la población que ha llevado a sobrepasar la disponibilidad de alimentos en muchos países. Las inquietudes generadas por la producción agrícola rezagada y el rápido crecimiento de la población además de los sistemas inadecuados de distribución de alimentos han llevado a que se preste atención internacional al concepto de seguridad alimentaria. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) define la seguridad alimentaria como una "situación en la que todas las personas tienen en todo momento acceso a alimentos seguros y nutritivos para mantener una vida sana y activa".

Según esta definición, unos dos mil millones de personas (una persona de cada tres) carecen de seguridad alimentaria, ya que no pueden producir alimentos suficientes ellos mismos o no tienen los medios para comprarlos en

el mercado interno. Como resultado, sufren de deficiencias proteicas energéticas y de micronutrientes en su alimentación.

En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación realizada en Noviembre de 1996<sup>1</sup> la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1996) declara la alerta existente de hambruna mundial, las estadísticas indican que cerca de 800 millones de personas de todo el mundo sufren de deficiencias nutricionales básicas, la FAO se propone disminuir para el 2015 a por lo menos la mitad de la población afectada; para tal efecto, es necesario establecer parámetros para evaluar y hacer posible el desarrollo alimentario de los países mediante la puesta en marcha de planes a pequeña y mediana escala que reactiven el sector alimentario en áreas como el agrícola, pesquero, forestal y rural.

El plan de acción encaminado a la generación de alimentos con los nutrientes mínimos a las exigencias de la sociedad está enmarcado como uno de los objetivos planteados en la Cumbre donde se plantea “Garantizar y suministrar alimentos inocuos económicamente accesibles, apropiados y suficientes para satisfacer las energías y nutrientes de la población”<sup>2</sup> apoyando la producción de cultivos alimentarios culturalmente apropiados, tradicional e insuficientemente utilizados, con la inclusión de cereales, semillas oleaginosas, leguminosas de grano, tubérculos, frutas y hortalizas, mediante tecnologías sostenibles desarrolladas en casa además de buscar alternativas en otros recursos.

La economía global probablemente produce alimentos suficientes para alimentar a casi 6.000 millones de habitantes del mundo, e incluso a más si se



distribuyeran equitativamente; sin embargo, estos alimentos no se hallan fácilmente accesibles a muchos millones de personas ya que los recursos naturales, la población y las tecnologías de producción agrícola están desigualmente distribuidos en el mundo.

Algunos países producen más alimentos de los que necesitan para el consumo interno, mientras que otros no producen lo suficiente para garantizar el acceso de todos sus habitantes a una alimentación adecuada. De modo que una mejor distribución de los alimentos es un componente esencial de cualquier estrategia mundial para mejorar la seguridad alimentaria.

El instituto de Investigación Internacional y Política Alimentaría (IFPRI) proyecta un incremento en la demanda global para los cereales en un 41% entre 1993 y 2020 logrando de esta manera alcanzar 2,490 millones de toneladas; para alimentos como la carne un aumento en un 63% lo que significan 306 millones de toneladas, y para las raíces y tubérculos un incremento en un 40% que hacen referencia a 855 millones de toneladas.

Aunque la manera en que la mayoría de la gente vive y trabaja no tiene mucho efecto en las políticas de distribución de alimentos, en la vida cotidiana las personas como consumidores y productores, tienen gran influencia en la oferta y la demanda de alimentos. Si bien los cambios en las políticas de distribución de alimentos se deciden en las capitales nacionales y en negociaciones internacionales, es mucho lo que las comunidades y los individuos pueden hacer para influir en la oferta y la demanda de alimentos.

Por lo tanto, los programas y políticas que permiten a la gente mejorar la productividad agrícola, manejar los recursos naturales y planear la familia

son esenciales para mejorar la seguridad alimentaria.

Según el Departamento de Planeación, Alimentación y Nutrición el 50% de la población colombiana presenta bajos ingresos y de esta el 20% no alcanza a cubrir las necesidades básicas de calorías y nutrientes, la desnutrición crónica estuvo marcada con un 15% para el año 95 en niños menores de 5 años, las deficiencias de micronutrientes son especialmente en yodo, hierro y vitamina A, para esta última estuvo en un 14.2% para la población de niños entre los 12 a 59 meses. Se estima que trece ciudades capitales tienen problemas de desnutrición especialmente en grupos sociales de alto riesgo como desplazados, agricultores, pueblos indígenas, inmigrantes, hogares con jefatura femenina, entre otros.

Según estudios realizados, el país no presenta problemas graves de dependencia alimentaria de carácter externo a nivel agropecuario con la excepción del trigo y la cebada. Las políticas establecidas por el gobierno nacional es lograr la prevención y control de las deficiencias de los micronutrientes mediante la adopción de medidas tales como la incorporación de nutrientes en alimentos de consumo básico, fortificación de alimentos, suplementación de alimentos con micronutrientes y la adquisición de alimentos de alto valor biológico como la bienestarina. (FAO, 1996)

### **2.3. Pastas alimenticias (fideos)**

#### **2.3.1. Definición**

A nivel mundial la pasta es conocida como el producto de la

mezcla y amasado de derivados del trigo (sémola o semolina) y agua, sin la adición de sal ni levadura. Puede contener huevos, vegetales deshidratados como espinaca, tomate (pastas de colores), salvado (pastas integrales), productos que aumentan su valor nutricional y mejoran las características de las mismas. La mezcla resultante del amasado se somete luego a un proceso de extrusión o laminado para darle la forma deseada (láminas de lasaña, pastas largas, pastas cortas) (ACTA, 2004)



Figura 1. Variedades de pastas

Se define a la pasta como el “producto preparado mediante el secado apropiado de las figuras formadas con una masa sin fermentar, preparada con agua y los derivados del trigo u otras farináceas aptas para el consumo humano o mediante la combinación adecuada de los mismos” (ACTA, 2004).

### **2.3.2. Elaboración Industrial de Pastas Alimenticias**

A continuación se explica cada una de las etapas que se llevan a cabo en el proceso industrial de pastas alimenticias.

### **2.3.2.1. Dosificado**

Consiste en reunir y mezclar las materias primas formando una combinación homogénea de todas ellas, para ello se llena el mezclador con harina en ciertas proporciones definidas y constantes junto con el agua que se adiciona al 30-40% a una temperatura de 32-38°C, con el fin de que sea más rápida la absorción, además de hacer más fácil y rápida la etapa de amasado.

### **2.3.2.2. Amasado**

La mezcla de semolina y agua pasa al amasador donde se produce la masa. Durante el amasado desaparece la estructura granular de la mezcla y es transformada en una masa plástica, muy rígida de color amarillo crema, que es translúcida en capas delgadas. La mezcla es trabajada de diferentes maneras, según el tipo de amasador utilizado, el amasado dura entre 10 y 20 minutos.

### **2.3.2.3. Laminado**

Una pasta laminada es aquella obtenida al pasar la mezcla de ingredientes por un cilindro, empujada por un tornillo sinfín y haciéndola pasar al final de este cilindro por un molde o dado que le da la forma deseada: tornillos, conchas, spaghetti, tallarín, entre otros. La temperatura de la masa se mantiene por debajo de 45°C y sale de la boquilla con una humedad del 30-38%.

#### **2.3.2.4. Cortado**

Los laminadores están provistos de una cuchilla giratoria, que va cortando la pasta a una velocidad de rotación establecida dependiendo del largo del producto que se pretenda elaborar.

#### **2.3.2.5. Secado**

El producto laminado contiene todavía un 30% de humedad y ha de ser deshidratado hasta el 12% antes de conseguir estabilidad suficiente para proceder a empacar o almacenar. El secado se logra en tres pasos fundamentales:

##### **Presecado**

Consiste en soplar aire frío o caliente (40-70°C) sobre las pastas, con una humedad relativa del aire del 40-45% por medio de ventiladores incluidos en la prensa de extrusión, para que el producto pueda llegar hasta un 17-18% de humedad en 60 minutos.

##### **Ablandamiento**

Posterior al presecado el material se transfiere a la cámara de secado, donde se deja reposar durante 1-2 horas para lograr una distribución uniforme de la humedad y el producto tenga mejor consistencia.

##### **Secado Final**

Suele realizarse entre 45-70°C, con un tiempo total de 6-18

horas, con esta se logra disminuir el contenido de humedad hasta el 12%.

#### **2.3.2.6. Enfriado**

Hasta temperatura ambiente, operación previa al empaque.

#### **2.3.2.7. Empacado**

Las pastas son por lo general comercializadas en empaques pequeños de 125, 250, 500 y 1000 g, el material usado de estos empaques es diverso, principalmente se usan: polietileno, celofán, papel kraft y cartón (CUBADDA, 1989)

### **2.3.3. Conservación de las pastas**

La mayoría de los cereales y productos derivados tienen una actividad de agua reducida ( $a_w=0.5 - 0.6$ ), donde resulta fácil controlar la multiplicación de microorganismos con tal de que estos se guarden en almacenes secos.

Para los alimentos con un bajo contenido de humedad como es el caso de las pastas, mezclas enlatadas, panes y tortas se deben almacenar a una temperatura alrededor de los 4.4 a 7.2 °C y mantener la  $a_w$  por debajo de 0.8 y 0.88, para evitar el ataque por mohos y levaduras, respectivamente. El deterioro resultante de los cambios químicos que tiene lugar en estos alimentos acaba de llevar a una disminución de la calidad que afecta su aceptabilidad y valor nutritivo (DESROSIER, 2000).

#### 2.3.4. Alteraciones de las pastas

Son varias las alteraciones naturales que pueden presentarse en las pastas, dentro de las consideraciones más importantes se encuentra la velocidad de secado a la que se sometan, el secado demasiado lento puede llevar al desarrollo de hongos, decoloración y agrietamiento; en el caso del spaghetti por ser un producto largo se puede presentar un estiramiento durante el secado del mismo debido a su propio peso, si se realiza un secado demasiado rápido puede ocasionar alteraciones tales como el fraccionamiento y ensortijamiento (ELIAS, 2013).

Existen otras variables como el desarrollo de bacterias formadoras de ácido que inician con una fermentación ácida, a la que le sigue una fermentación alcohólica producida por levaduras, si las hay, finalmente ocurre una fermentación acética causada por las especies *Acetobacter*.

Esta última de las alteraciones es más probable en las harinas recién preparadas que en las almacenadas durante periodos de tiempos considerable, cuyo contenido en número y clase de microorganismos se ha reducido considerablemente. En ausencia de gérmenes lácticos y coliformes en las pastas, estas pueden ser acidificada por los micrococos y en su defecto por las especies de *Bacillus*, especialmente *Aerobacillus* que producen ácido láctico, gas, alcohol, acetona y pequeñas cantidades de esteres y otros compuestos aromáticos. La mayoría de las pastas desarrollan olor a ácido acético y esteres (GORIS y VAN DER WEL, 2003).

### 2.3.5. Requisitos de Calidad

Los parámetros mínimos para la evaluación de las pastas alimenticias en Colombia (Cuadro 1).

Los Análisis fisicoquímicos establecidos para la evaluación de las pastas alimenticias en Colombia, son aplicados para:

- Determinación de contenido de huevo.
- Determinación de humedad.
- Determinación de cenizas.
- Determinación de acidez.
- Determinación de colorantes.
- Determinación de productos grasos

Cuadro 1. Requisitos para las pastas alimenticias

Componente	Unidad	Mínimo	Máximo
Humedad	(%)	-	13
Proteína	(%)	10.5	-
Acidez como ácido láctico	(%)	-	0.45
Grasa	(%)	0.4	-
Cenizas	(%)	-	0.8
Colorante		-	0.0
E. Coli, por gramo		-	1
Salmonella / 100g.			Negativo

Fuente: Ministerio de Salud. Resolución No. 4393 de 1991. Fabricación, empaque y comercialización de Pastas Alimenticias.

### 2.4. Materias primas utilizadas en la elaboración de pastas alimenticias

Las principales materias primas utilizadas en la industria de pastas son: sémola de trigo durum, semolina, agua, huevo, grasa, sal y en algunos casos



hortalizas.

#### **2.4.1. Trigo (*Triticum Durum*)**

Botánicamente, el trigo pertenece a las gramíneas del género *Triticum* con diferentes especies; de acuerdo al uso se clasifican en: *Triticum durum* y *Triticum vulgare*; el primero utilizado en la elaboración de pastas, el segundo para panificación y pastelería.

En la estructura botánica se diferencian tres zonas: periférica o pericarpio, que corresponde a aproximadamente el 13%, central o endospermo 85% y el embrión o germen 2%.

En el cuadro 2 se muestra la composición de las diferentes clases de trigo en 100 g.

Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas. El almidón está presente únicamente en el endospermo, la fibra cruda está reducida, casi exclusivamente al salvado y la proteína se encuentra por todo el grano; aproximadamente la mitad de los lípidos totales se encuentran en el endospermo, la quinta parte en el germen y el resto en el salvado, pero la aleurona es más rica que el pericarpio y testa; más de la mitad de las sustancias minerales totales están presentes en el pericarpio, testa y aleurona.

Cuadro 2. Composición proximal del trigo en 100 g

Componente	Trigo			
	Trigo Común	Trigo Duro	Semiduro	Trigo Blando
Agua	13.23	12.87	13.25	13.78
Proteína	14.16	17.98	14.06	12.25
Grasa	1.89	2.09	1.78	1.72
Almidón	61.84	56.35	61.52	64.46
Fibra cruda (celulosa)	2.29	2.78	2.45	2.38
Materias solubles (glucosa, dextrina)	4.25	5.26	4.27	3.46
Cenizas	2.34	2.67	2.67	1.93

Fuente: NOGARA, S. Elaboración de Pastas Alimenticias. Barcelona: Editorial Sintesis. 3<sup>a</sup> Edición. 1964., p 7.

Se considera que el trigo durum (*Triticum durum*) es la materia prima básica para la elaboración de pastas alimenticias ya que no posee la fuerza elástica del trigo para pan además de ser rico en pigmentos carotenoides, ya que estos son los que le confieren el color amarillo a la pasta.

#### 2.4.2. Sémola de Trigo

Según la Norma Técnica Colombiana - NTC 420, la sémola es el producto resultante de la molienda en los primeros cilindros de trituración y tamizado del trigo (*Triticum aestivum*), que no pasa por tamiz con malla de 149 micrones ( $\mu\text{m}$ ), en Colombia se utiliza y producen sémolas de trigo duros, semiduros y blandos, cuyas especificaciones técnicas se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Especificaciones Técnicas para la Sémola de Trigo

<b>Requerimiento</b>	<b>Máximo (%)</b>	<b>Mínimo (%)</b>
Humedad	14.5	
Proteína		10.5
Cenizas	0.50	
Acidez	0.07	
Harina	8	

Fuente: Norma Técnica Colombiana. NTC-420. Sémola de Trigo. Septiembre. Octubre 26 de 1996.

La granulometría para la producción de pastas alimenticias está en el intervalo de 150 a 500  $\mu\text{m}$  (HOSENEY, 1996). El semolato comercial se considera como una mezcla de sémola y harina, siendo el resultado de la molienda y tamizado del trigo duro o blando. El tamaño de partícula oscila entre 280 y 132  $\mu\text{m}$ .

En el cuadro 4 se muestra la composición química y el valor nutricional de la sémola de trigo, la cual posee un alto contenido de carbohidratos y baja proporción de proteína, grasa y fibra en relación al grano de trigo y a la harina. Según Kent (IBARZ et al. 2000), una buena sémola debe estar prácticamente libre de afrecho (salvado), de lo contrario el producto final presentaría puntos oscuros que causan un mal aspecto además de facultar la ruptura de la pasta durante o después del secado.

Las cualidades deseables en la sémola son brillo (ausencia de partículas de salvado), pigmentación amarilla, riqueza proteica de 11.5-13% (para que tenga adecuada formación del gluten), baja actividad lipoxidásica (destruye el pigmento amarillo en el amasado) y bajo recuento microbiano para asegurar larga conservación.

Cuadro 4. Composición del trigo, sémola y harina por 100 gramos de porción comestible

Componente	Trigo	Sémola	Harina
Energía Kcal	336	362	359
Agua g	14,5	12,1	10,8
Proteína g	8,6	7,8	10,5
Grasa g	1,5	1,1	2,0
Carbohidratos g	73,7	78,4	74,8
Fibra g	3,0	0,9	1,5
Ceniza g	1,7	0,6	0,4
Calcio mg	36	40	36
Fósforo mg	224	125	108
Hierro mg	4,6	0,8	0,6
Retinol mg	0	0	0
Tiamina mg	0,30	0,14	0,11
Riboflavina mg	0,08	0,08	0,06
Niacina mg	2,85	1,21	0,93
Ácido Ascórbico Reducido mg	4,8	0,0	1,8

Según QUAGLIA (1996) “La principal diferencia entre la semolina de trigo duro y de trigo blando, es la cantidad y calidad del gluten presente. La sémola de trigo duro contiene el 30% de gluten húmedo y la del trigo blando alrededor del 20%.

El gluten es un producto delicado, debido a que mojado y caliente pierde su fuerza, si es amasado intensamente. La fuerza del gluten es lo que da a las pastas la capacidad para conservar su forma cuando son cocidas”. El gluten apropiado para las pastas alimenticias, debe ser fuerte y puede ser más corto y menos elástico que el gluten para la producción de pan.

### **2.4.3. Harinas Compuestas**

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución para los países que no producen trigo. La definición de harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la FAO, se refiere a mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas, y galletas.

Las harinas compuestas pueden prepararse a base de otros cereales que no sea el trigo y de otras fuentes de origen vegetal, que pueden o no contener harina de trigo (KENT, 1987).

La utilización de las harinas compuestas en cantidades adecuadas hace posible la elaboración de alimentos con un mejor balance de aminoácidos esenciales y a través del uso de procesos tecnológicos adecuados se facilita su digestibilidad y aprovechamiento biológico para el ser humano, la combinación de ciertos aminoácidos esenciales limitantes, (por ejemplo la lisina para el caso de los cereales) de un alimento con otro que tenga este mismo aminoácido en mayor proporción, como en las leguminosas da como resultado un alimento altamente nutritivo por la simple razón de llegar a cubrir con todos los aminoácidos esenciales similares a los de una proteína de origen animal como la carne o la leche; de esta manera se logra productos altamente nutritivos.

Teniendo en cuenta la importancia de las mezclas y sus beneficios en los alimentos se puede cubrir deficiencias de los componentes en la dieta alimenticia de la población colombiana a causa de la situación

socioeconómica por la que atraviesa el país.

La suplementación depende de los hábitos alimenticios y de la disponibilidad de la materia prima en cada país, en lo posible esta debe ser local ya que al importarla no sólo se crea una dependencia, sino que se incrementa el costo final del producto.

Más que un concepto, las harinas compuestas son una realidad traducida en alimentos que se comercializan y se consumen, y que pueden contribuir significativamente al mejoramiento de la seguridad alimentaria y nutricional de la población.

En 1975, el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) propuso extender el concepto de harinas compuestas para cubrir también otro tipo de harinas que no fuera necesariamente sólo a base de cereales y tubérculos o usada únicamente para la preparación de productos de panadería, como es el caso de las harinas compuestas, desarrolladas para la preparación de alimentos de alto valor nutritivo a base de harinas de cereales, leguminosas, oleaginosas y otras. Se consideró así, incluir dentro del concepto de harinas compuestas dos grupos adicionales; aquél representado por la adición de proteína suplementaria a los cereales en general, y el que estaría formado por harinas compuestas a base de cereales, leguminosas, oleaginosas u otras.

Para la obtención de harinas compuestas a base de leguminosas es necesario someter el grano a un proceso de cocción, deshidratación y molienda; obteniendo así una harina precocida, este tipo de producto puede usarse en la preparación de harinas compuestas basadas en diferentes

leguminosas de grano. La combinación del frijol común con otros frijoles como el caupí (*Vigna sinensis*) o el frijol de palo (*Cajanus cajan*) pueden utilizarse posiblemente reduciendo el precio del producto y creando el interés para producir otras leguminosas en determinadas regiones (KENT, 1987)

Para la producción de alimentos de consumo general como pan, galletas, arepas y pastas puede utilizarse los siguientes sustitutos de la harina y sémola de trigo.

#### **2.4.4. Harina de tubérculos**

La yuca puede convertirse en una harina de alta calidad para utilizarse como sustituto de la harina de trigo, maíz y arroz entre otros. En formulaciones de alimentos tales como pan debe usarse un buen suplemento enzimático ya que endurece el producto y oscurece la miga, en pastas es posible sustituir entre un 20- 35%. También se puede utilizar la yuca para la producción como espesante y extensor de sopas deshidratadas, condimentos, papilla para bebé y dulces. Esta harina se emplea para alimento animal en los concentrados para aves, camarones, cerdo y ganado lechero (MONCADA, 1993).

#### **2.4.5. Harina de oleaginosas**

La harina de soya es la que mejor desempeño da en las mezclas vegetales, su alto valor nutricional, restaura el contenido proteico de la harina compuesta, debido a la composición de aminoácidos de la harina de soya.

El proceso de obtención la hace completamente estable al

almacenamiento, siendo además de uso ventajoso por su contenido de aceite y por prolongar las características de frescura en los productos elaborados como en el caso de los panes, ya que aumenta la absorción de agua entre 1-2%, favorece la fermentación, mejorando la miga y textura.

#### **2.4.6. Harina de cereales**

Alrededor del 95% del arroz cosechado se obtiene en el Oriente, sin embargo la utilización de esta harina como sustituto tiene ventajas ya que en Colombia hay una aptitud de suelos para este cultivo, un alto grado de tecnificación favoreciendo un continuo crecimiento de la producción y de diversificación de su consumo. La harina de arroz se utiliza para la sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de galletas y en la alimentación infantil como espesante de productos. La harina de maíz es la que presenta mayor diversidad de usos; su grano es muy nutritivo con un elevado porcentaje de carbohidratos fácilmente digeribles. Su gran demanda en grano por parte del consumidor y la industria no dejan suficientes excedentes que puedan ser aplicados como sustitutos para otros productos (MONCADA, 1993).

#### **2.4.7. Harina de frijol de palo**

El frijol de palo (*Cajanus cajan Linneo*) como es conocido en la Selva Peruana y Costa Norte del Perú y desconocido por el resto del país, es una planta de la familia de las leguminosas, por su favorable composición nutricional es interesante a la hora de realizar una mezcla de harinas vegetales, pues es un alimento nutricionalmente balanceado, bajo en grasa y



azúcares, posee en el grano y en las partes vegetativas una alta proporción de proteínas (23.5%); casi el doble de los cereales y en cantidades significativamente mayores que las raíces y tubérculos.

Las proteínas de las leguminosas de grano, se considera fuente rica en lisina, aminoácido escaso en los cereales, por tal razón es evidente que la proteína de las leguminosas constituye el suplemento natural de la proteína de los cereales (VÉLEZ, 1996).

De manera general el frijol de palo es un alimento nutricionalmente balanceado, pues presenta una distribución de nutrimentos muy cercano a las recomendaciones, esto es, proteínas de 15 - 25 %, energéticos (carbohidratos y grasas) 60 - 70 %, reguladores (Vitaminas y minerales) 15 - 25 %. Su bajo contenido graso resulta ser ventajoso ya que el consumidor actual busca alimentos bajos en lípidos, su contenido de fibra indica que es un alimento integral; el bajo contenido de azúcares totales puede hacer disminuir o desaparecer los problemas de flatulencias tan normales en frijoles comunes.

En el cuadro 5 se presenta el análisis proximal para la harina cruda y precocida de frijol de palo, en % BS. Generalmente el frijol de palo se reconoce como una leguminosa rica en proteína de alta calidad (variando de 19 a 28%) y un excelente acompañante de los platos tradicionales (VÉLEZ, 1996).

Cuadro 5. Análisis proximal para harina cruda y precocida de frijol de palo, en % (BS)

Parámetro	Harina cruda	Harina precocida
proteína Cruda (N X 6.25)	23.28	26.34
Grasa (Extracto Etéreo)	1.88	1.32
Fibra Cruda	9.33	2.9
Carbohidratos Totales	60.04	63.78
Cenizas	5.47	5.66
Calcio (mg /100g)	31.81	15.8
Hierro (mg /100g)	10.42	8.77
Fósforo (mg /100g)	460.6	414

Fuente: Vélez Zape, J.C. Utilización agroindustrial del frijol de palo.

Los escasos estudios que se han realizado con esta leguminosa indican que el valor nutritivo de este alimento permite combatir la desnutrición que se presentaba en nuestro país hacia los años 70, estudios realizados sobre la evaluación de eficiencia proteica (PER) 1.25 para el frijol de palo en relación a otras especies de *p. vulgaris* 0.110.46; ha dejado ver la importancia que puede tener este tipo de leguminosa a nivel nutricional. El total de aminoácidos de la proteína del *Cajanus cajan* se ilustran en el cuadro 6.

El principal uso es el alimenticio, aunque esta leguminosa tiene varios usos, entre ellos el forraje o abono verde, pigmento en raciones para gallinas ponedoras, entre otros; sin embargo por su “mala fama” no es muy aceptado por los cultivadores, es poco comercial en esta zona del país y difícilmente aceptado por tratarse de un alimento que solo es consumido por las clases populares (VÉLEZ, 1996).

Cuadro 6. Composición de aminoácidos del frijol de palo (mg. de aminoácido por 100 g de proteína o 16 g de nitrógeno)

Aminoácido	Cantidad
Histidina	3.276
Isoleusina	5.748
Leucina	10.071
Lisina	8.451
Metionina	1.169
Fenilalanina	7.066
Treonina	6.158
Triptófano	1.035
Valina	6.251

*Aminoácido limitante: Metionina*

Fuente: CORTES, M. Relación de eficiencia proteica del *Cajanus cajan* (frijol de palo). Tesis. 1979.

En general el frijol de palo es un fríjol que presenta una gran versatilidad, las semillas y hojas constituyen un excelente forraje apto para ganado de levante, lechero y engorde. Con frecuencia, se utiliza para heno y ensilaje (a menudo, con melaza); para este objeto se emplean las variedades de grano pequeño (VÉLEZ, 1996).

## 2.5. Harinas compuestas en la elaboración de pastas alimenticias

Según Zapata hacia el año 1974 el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) desarrolló trabajos sobre el enriquecimiento de pastas alimenticias con proteína de origen vegetal haciendo la sustitución de sémola por farináceos localmente disponibles.

Una formulación para pastas alimenticias estudiada por el IIT comprendió 25% de harina de soya, 50% de harina precocida de maíz y 25%

de sémola de Trigo, el proceso exigía que las harinas sustituyentes estuvieran precocidas para mejorar las propiedades mecánicas de las pastas, bajo estas condiciones era posible sustituir hasta el 75% de la sémola de trigo. De esta manera se abre un camino nuevo hacia el concepto de lo que son las “Harinas compuestas o Mezclas vegetales”.

Recientemente se han hecho otros estudios que han incluido materias primas como la harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*, como sustituto de la sémola hasta un 15%, esta se ha empleado como una alternativa para elevar el valor nutritivo de esta clase de productos además de posibilitar su consumo en la población Colombiana y lograr un posicionamiento del producto en el mercado nacional (MONCADA, 1993)

Otras investigaciones han sido dirigidas a la determinación de las posibilidades de utilización de Tubérculos Autóctonos Colombianos en la Elaboración de Pastas Alimenticias Frescas, proyectos que han sido llevados a cabo en el Centro Nacional de Investigaciones Tibaitatá en la Sede del Laboratorio de Farinología, mediante el convenio técnico económico Corpoica-Pronatta, como respuesta a una carencia de estudios sobre procesamiento de raíces y tubérculos como arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*, ñame ( *Dioscorea spp*), ulluco (*Ullucus tuberosus*, ibia (*Oxalis tuberosa*) y cubio (*Tropaeolum tuberosum*) con el fin de incluirse en la formulación de pastas alimenticias, el cual se constituye como un alimento básico en la dieta alimentaria (MONCADA, 1993)

La inclusión de raíces y tubérculos se justifica porque estos proporcionan a la población colombiana alimentos nutritivos de bajo costo además permite

disminuir la subutilización que presentan estos alimentos (MONCADA, 1993).

## 2.6. Zapallo

El Zapallo (*Cucúrbita máxima*) es una legumbre de gran producción en nuestro país, taxonómicamente se clasifica entre la familia de las *Curcubitáceas*; género *Curcubita* y varias especies mencionadas anteriormente, entre estas la más cultivada en nuestro país es la *C. máxima*.

El zapallo pertenece al género *Curcubita sp.*, del cual han sido descritas 27 especies, cinco de las cuales son domésticas, genéticamente aisladas entre sí.

Las especies cultivadas son las siguientes: *Curcubita moschata*, *Curcubita pepo*, *Curcubita máxima*, *Curcubita partéalo*, *Curcubita ficifolia*.

Cuadro 7. Valor nutritivo del zapallo por cada 100 g. de la parte comestible

Indicador	Cantidad	Indicador	Cantidad	Indicador	Cantidad
Calorías	38 g	Fibra	0.9 g	Vitamina A	495 U.I.
Humedad	87.5 g	Cenizas	0.9 g	Tiamina	0.06 mg
proteínas	1.5 g	Calcio	26 mg	Riboflavina	0.06 mg
Grasa	0.4 g	Fósforo	34 mg	Niacina	0.9 mg
Glúcidos	8.8 g	Hierro	0.8 mg	Ac. Ascórbico	0.8 mg

Fuente: Guzmán Pérez, J.E. Ahuyama y Pepino En: Patilla y Melón. 1991. 36 p.

De las cuales las cuatro primeras son anuales y la última es perenne. Las variedades de zapallo se diferencian por su forma, color del fruto, pulpa y semilla; textura, consistencia, color y olor de la pulpa.

El zapallo es un alimento excelente por su alto contenido en carotenoides y otros minerales es de fácil digestión.

En el cuadro 7 se indica el valor nutritivo de cada componente en 100 g. de parte comestible de zapallo (*Cucúrbita máxima*) (GUZMÁN, 1991).

## **2.7. Nutrientes relevantes en una pasta alimenticia**

### **2.7.1. Carotenoides y Provitamina A**

Los carotenoides están en un grupo de más de 600 plantas naturales de pigmentos que proveen los colores amarillos y rojos vistos en muchas frutas y vegetales que aportan la vitamina en forma de carotenoides.

Químicamente se clasifican como terpenoides, sustancias derivadas de la naturaleza del intermedio metabólico ácido mevalónico. Los más importantes dentro de este grupo son los esteroides y los carotenoides, estos últimos se encuentran en todos los tejidos fotosintéticos, junto con las clorofilas.

Tanto los esteres de retinol como los carotenoides son bastante estables en los alimentos. La mayor parte de la información que se tiene se refiere a los carotenoides. El  $\beta$ -caroteno es el carotenoide más conocido, puede ser convertido dentro de la mucosa intestinal a dos moléculas idénticas de retinol o vitamina A, debida a la enzima  $\beta$ -caroteno 15,15 dioxigenasa.

La absorción intestinal de carotenoides de la dieta es facilitada por la formación del ácido micelino de la bilis. La estructura hidrocarbonada de los carotenoides parece ser soluble en agua y como otros lípidos no polarizados son solubilizados dentro del tracto intestinal.

La solubilización facilita la difusión de los lípidos a través de la

película de agua no removida. La presencia de grasa en el intestino delgado estimula la secreción de bilis de la vesícula y mejora la absorción de los carotenoides por el incremento de tamaño y estabilidad de las micelas permitiendo que más carotenoides sean solubilizados.

Se consideraban previamente que 6  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno proporcionaba 1  $\mu\text{g}$  de retinol denominado 1  $\mu\text{g}$  equivalente de retinol (RE), actualmente se representa como equivalente de retinol activo (RAE) y se indica la nueva relación así: 1  $\mu\text{g}$  RAE = 1  $\mu\text{g}$  retinol = 12  $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno = 24  $\mu\text{g}$   $\alpha$ -caroteno o  $\beta$ -cryptoxanthin (las otras dos provitaminas A del caroteno).<sup>22</sup>

Los carotenoides que poseen actividad de vitamina A pueden ser también absorbidos o pueden adherirse para formar la vitamina A antes de excretarlo al sistema linfático. La absorción de carotenoides está acompañada por la mucosa intestinal enzima  $\beta$ -caroteno 15,15 dioxigenasa por mecanismos de absorción no centrales.

La velocidad de conversión de una fuente de  $\beta$ -caroteno altamente disponible en humanos a retinol ha sido demostrada y está entre 60-75%, pero también varía con el nivel de vitamina A. Los carotenoides son transportados en el suero exclusivamente por lipoproteínas.

Han sido identificados 34 carotenoides en el suero y leche materna. Hasta ahora los más predominantes en el suero humano son:  $\beta$ -caroteno, licopeno y luteína, estos son los más prevalecientes en la dieta así como también el zeaxanthin y cryptoxanthin.

La vitamina A es indispensable en el mecanismo de la visión; además, es necesaria para el mantenimiento morfológico y funcional de las

células epiteliales (glándulas, piel, pelo, uñas y mucosa) y para el desarrollo normal del niño, por su efecto sobre el crecimiento de las estructuras óseas y los dientes. Finalmente, participa en la utilización de las sustancias proteínicas. La ausencia de esta vitamina afecta principalmente a los niños en edad preescolar.

Las consecuencias funcionales por deficiencia de Vitamina A son la ceguera nocturna como la más importante, seguido de su relación con la morbimortalidad de niños preescolares en un grado leve. La vitamina A es un potente antioxidante así como posible protector de la arteroesclerosis y cáncer especialmente de tejido mamario, su deficiencia aumenta el riesgo de padecer estas enfermedades.

Diversos estudios sobre el impacto de la suplementación con la vitamina A en población con elevada prevalencia de signos oculares, la morbilidad por diarrea e infecciones respiratorias agudas podrían reducirse significativamente (75%) si se corrigiera la deficiencia de vitamina A. En casos clínicos se ha evidenciado una disminución de neumonías y de otras infecciones asociadas con el sarampión. La deficiencia moderada o severa de esta vitamina altera la movilización del hierro y su utilización en el proceso de eritropoyesis.

La biodisponibilidad de los carotenoides de todos los alimentos puede ser variada, la vitamina A activa o retinol se encuentra únicamente en alimentos de origen animal, especialmente en hígado y yema de huevo, mientras que sus precursores carotenoides se encuentran en hortalizas de color verde oscuro, o amarillo intenso (zanahoria, ahuyama, pimiento, tallos,



guascas, espinacas, berros, acelga) y en frutas amarillas (cachipay, chupas, mamey, mandarina, zapote, papaya, curuba), también son fuentes la mantequilla, y el queso.

Ha sido comprobada la hipótesis de que al someter a altas temperaturas a los alimentos puede mejorar la disponibilidad de los carotenoides, está demostrado que lo que afecta la cantidad de carotenoides, es la inmersión o cocción del producto en agua, para evitar esto se pueden utilizar métodos como secado, vaporización y concentración. La habilidad de la luz para degradar los carotenoides ha sido evaluada durante el almacenaje; la exposición de los productos a ésta resulta en una pérdida del 60% de carotenoides, en contraste a su almacenaje en la oscuridad, que tiene una pérdida del 18%. Los carotenoides están implicados en la protección de enfermedades cardiovasculares, la disminución de los riesgos de cáncer, degeneración muscular y han sido usados en el tratamiento de desórdenes fotosensitivos (NOGARA, 2004).

### **2.7.2. Proteínas**

Las proteínas son sustancias orgánicas que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Están compuestas de aminoácidos, sus unidades más simples, algunos de los cuales son esenciales para nuestro organismo; es decir, que necesariamente han de ser ingeridos junto con la dieta, ya que el cuerpo no es capaz de producirlos por sí solo.

Los aminoácidos esenciales son isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.

En función de la cantidad de aminoácidos esenciales, se establece la calidad de los distintos tipos de proteínas. Aquellas que contienen cantidades suficientes de cada uno de los aminoácidos esenciales son proteínas de alto valor biológico y, cuando falta un aminoácido esencial, el valor biológico de esa proteína disminuye.

El organismo no puede sintetizar proteínas si tan sólo falta un aminoácido esencial. Todos los aminoácidos esenciales se encuentran presentes en las proteínas de origen animal (huevo, carnes, pescados y lácteos), por tanto, estas proteínas son de mejor calidad o de mayor valor biológico que las de origen vegetal (legumbres, cereales y frutos secos), deficitarias en uno o más de esos aminoácidos. Sin embargo, proteínas incompletas bien combinadas pueden dar lugar a otras de valor equiparable a las de la carne, el pescado y el huevo (especialmente importante en regímenes vegetarianos) (NOGARA, 2004).

Según la OMS, la proteína de mayor calidad es la del huevo, a la que se asignó el valor de referencia 100, a partir del cual se determina el valor biológico del resto de proteínas.

Según se desprende de numerosos estudios sobre evolución de consumo de alimentos en las sociedades occidentales, el porcentaje de energía aportado por las proteínas y grasas aumenta progresivamente hasta alcanzar cifras preocupantes.

Así es común encontrar poblaciones en donde las proteínas aporten en torno al 20% de la energía total de la dieta, frente al 12-15 % recomendado.

Las proteínas se encuentran ampliamente distribuidas tanto en alimentos de origen animal (carnes, pescados, leche y huevos), como en alimentos de origen vegetal (legumbres, cereales y frutos secos). Las proteínas animales, al tener mayor contenido en aminoácidos esenciales resultan más completas que las vegetales. Sin embargo, la relación adecuada entre ellas en una dieta equilibrada debe ser mayor que uno, a favor de las vegetales (NORMA Técnica Colombiana, 1996).

La ausencia en una dieta de un solo aminoácido esencial ocasiona inmediatamente un déficit de absorción digestiva, por lo que no puede ser compensado por cualquier otro aminoácido, para ello se puede llegar a una complementariedad en cuanto a sus aminoácidos esenciales de acuerdo a las siguientes combinaciones:

- Cereales o semillas oleaginosas + huevos o leche, derivados lácteos, carne o pescado.
- Cereales o semillas oleaginosas + soja o levadura de cerveza.
- Cereales o semillas oleaginosas + legumbres o vegetales.
- Legumbres o tubérculos + huevo, lácteos, carne o pescado, soja o levadura de cerveza.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la ciudad de Tingo María situado a 680 msnm, en la Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y en la Planta Piloto de frutas y Hortalizas todos ellos en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

#### **3.2. Materia prima e insumos**

Se utilizará como materia prima harina de trigo, harina de frijol de palo y harina de zapallo y como insumos huevo y agua.

#### **3.3. Materiales**

##### **3.3.1. Materiales de Laboratorio**

- Termómetro de 100°C.
- Matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
- Buretas.
- Balones de digestión.
- vasos de precipitación de 50, 100 y 250 ml.

- Crisoles de porcelana.
- Fiolas de 50, 100 y 500 ml.
- Vagueas.
- Pipetas graduadas de 2.5 y 10 ml.
- Placas petri.
- Embudos de vidrio
- Gradillas.
- Cucharita (de preferencia de plata).

### **3.3.2. Materiales equipos de procesamiento**

- Mesa de trabajo
- Cuchillos de acero inoxidable
- Espátulas
- Ollas
- Recipientes de plástico
- Balanza
- Batidora marca Brentwood® modelo HM-25.
- Cocinas a gas y eléctricas
- Estufa marca Felisa® modelo 133
- Latas para el horneado
- Horno marca Hobart
- Amasadora
- Divisora de masa
- Cámara de fermentación.

### 3.3.3. Reactivos

- Etanol (Merck KGaA)
- Fenol de Folin – Ciocalteu (Sigma Aldrich).
- Meta bisulfito de sodio.
- Hidróxido de sodio.
- Fenolftaleína.
- Ácido ascórbico.
- Fosfato de amonio.
- Agua destilada.

## 3.4. Métodos de análisis

### 3.4.1. Caracterización granulométrica

Cuadro 8. Serie de tamices

Designación equivalente de Tyler	Mm	µm
14	1,25	1250
16	1	1000
28	0,63	630
32	0,45	450
35	0,4	400
48	0,3	300
65	0,2	200
80	0,16	160
115	0,125	125
200	0,071	71
250	0,063	63

Fuente: Ferry J. Manual del ingeniero químico. 21-16 p.

El análisis granulométrico y la selección adecuada del diámetro de partícula se realizaron mediante la utilización de tamices marca Tyler, los números y diámetro de luz de la malla se presentan en el cuadro 8.

### 3.4.2. Caracterización fisicoquímica

La caracterización fisicoquímica de las mezclas se realizó mediante los métodos internacionales de la AOAC para determinar su composición, estos se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Métodos analíticos para caracterización de las mezclas

COMPONENTE	MÉTODO
1. Humedad (Estufa)	Método AOAC 950.01
2. Azúcares Totales (Lane Eynon)	Método AOAC 968.20
3. Proteína (Kjeldahl)	Método AOAC 976.05
4. Grasa (Soxhlet)	Método AOAC 969.24
5. Cenizas (mufla 550°C)	Método AOAC 942.05

Fuente: Official Methods of analysis of AOAC international. 2002.

### 3.4.3. Evaluación Sensorial

En el cuadro 10 se presenta el formato el cual muestra los parámetros establecidos para la evaluación sensorial con panel entrenado en una empresa de Productos Alimenticios que fabrican fideos, cuyos resultados se tomaron como un indicador de calidad.

#### **3.4.4. Caracterización fisicoquímica de la pasta seleccionada**

Esta se llevó a cabo mediante los métodos internacionales de la AOAC al producto que cumplió adecuadamente con los parámetros de calidad reológico, calidad en cocción y evaluación sensorial.



Cuadro 10. Diseño experimental establecido para la realización del panel sensorial

Propósito	Evaluar la calidad de las pastas mediante un panel sensorial con jueces entrenados con el fin de obtener información de los atributos específicos que permitan una posterior mejora o reformulación.
Objetivo	Calificar, de acuerdo con una escala predeterminada, la percepción de la intensidad para características o atributos sensoriales específicos en las pastas como: color, olor, sabor, sensación bucal y superficie al tacto. Metodología
Método (Prueba empleada)	Prueba de Intervalos. Escala estructurada.
Producto (Muestras analizadas)	Se aplicara a todas las pastas a elaborar, según diseño experimental, previamente definido aporte de harinas de frijol de palo y zapallo en la formulación.
Jueces	Panel Entrenado. Fábrica de Productos Alimenticios Cantidad: 7 Jueces. Edad: 30-60 años.
Diseño de presentación de la muestra	Las muestras una vez codificadas se presentaran al panelista al mismo tiempo con el formato de evaluación.
Preparación de la muestra	Las pastas serán sometidas hasta punto de cocción al dente, estas se presentarán sin ningún tipo de aderezo, la porción por muestra será de aproximadamente 20g con una temperatura de 40 a 60°C.
Sitio en donde se realizará la prueba	Instalaciones Panel sensorial. División de Calidad, Investigación y Desarrollo. Productos Alimenticias Doria SA
Formato. Recolección de Datos Análisis de datos	Se procesarán los datos mediante la estadística Inferencial con la aplicación de análisis de varianza de un solo factor y pruebas t-student $P(T \leq t)$ dos colas.

Fuente: Autores

### **3.5. Metodología experimental**

#### **3.5.1. Pruebas preliminares**

Para la adecuación de las materias primas se realizó una etapa pre experimental o preliminar que permitió establecer y definir las condiciones de operación del molino, así como la granulometría óptima para el proceso de elaboración de fideos. Para lograr tal fin se realizó molienda en una sola criba (2.0 mm, 1.2 mm y 0.5mm) para el zapallo deshidratado y el frijol de palo con la posterior caracterización granulométrica para cada una de las materias primas.

##### **3.5.1.1. Selección y Adecuación de Materias Primas**

Para llevar a cabo esta tesis se usó como materia prima el zapallo proveniente de la serranía de Huánuco, de fácil adquisición en los Mercados de Abastos; la variedad con que se trabajó fue la del tipo calabaza perteneciente a la especie *Curcubita máxima*, siendo ésta la más cultivada en dicha zona y la de mayor comercialización en el país; el frijol de palo fue adquirido en el mercado de la ciudad de Tingo María y la sémola de trigo a utilizar se acopió del mismo modo.

La harina de frijol de palo se obtuvo por molienda en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Zootecnia, a partir del grano seleccionado y con una humedad adecuada para tal fin (12%).

La harina de zapallo se obtuvo por deshidratación del producto en fresco y posterior molienda en el mismo Laboratorio antes mencionado.

La molienda, se llevó a cabo en un molino de martillos con la utilización de tres (3) cribas de diámetro de luz 2.0 mm, 1.2 mm y 0.5 mm.

#### **3.5.1.2. Determinación del porcentaje de Harina de zapallo**

Se definió el contenido de harina de zapallo como ingrediente de doble propósito: como trazador de uniformidad de mezcla y como fuente de color natural, para lo cual se evaluó en un rango de 5% a 20% con intervalos de 2.5%; se confrontó con una escala de color universal Pantone Liso para indicar la coloración más apropiada para la elaboración de las pastas alimenticias en dicho proyecto.

#### **3.5.1.3. Determinación de porcentaje de Harina de frijol de palo**

Los porcentajes de sustitución de sémola por harina de frijol de palo se determinó de acuerdo a las características que presentó la masa en operaciones de manejo como amasado, moldeo y cocción, para lo cual se aplicó cinco niveles de sustitución en la etapa de pre experimentación entre el 10 y el 45%, teniendo en cuenta que los estudios realizados reportaban niveles de sustitución de la sémola de hasta un 50% con harinas de yuca, arroz y maíz precocido, los parámetros mencionados anteriormente permitieron definir el diseño experimental.

### **3.5.2. Pruebas definitivas**

#### **3.5.2.1. Caracterización granulométrica para harinas de frijol de palo y zapallo**

Se emplea la granulometría según las especificaciones NTC-420 la cual no debe pasar por tamiz con malla de 149  $\mu\text{m}$ .

#### **3.5.2.2. Determinación del porcentaje de harina de zapallo**

El aporte de harina de zapallo en la formulación se determina en las pruebas preliminares y se confirma en esta etapa.

#### **3.5.2.3. Determinación del porcentaje de harina de frijol de palo**

Para poder establecer el porcentaje óptimo fue necesario realizar un análisis de proceso productivo para elaborar la pasta alimenticia, analizar la calidad de la cocción de los fideos elaborados, evaluar sensorialmente y finalmente caracterizar fisicoquímica los tratamientos para saber cuál es la mejor pasta.

#### **3.5.2.4. Operaciones para elaboración de fideos**

Los fideos elaborados fueron sometidas a condiciones de proceso basados en parámetros que utiliza la industria.

#### **3.5.2.5. Pruebas de calidad en cocción**

La calidad de los fideos se evaluó mediante pruebas de cocción que incluyo la determinación de indicadores como: determinación de sólidos solubles y sólidos suspendidos mediante método gravimétrico (Estufa), °Brix, resistencia al desmenuzamiento determinado como % de sedimentación y % de agua absorbida.

#### **3.5.2.6. Caracterización fisicoquímica**

La caracterización fisicoquímica de las mezclas se realizó mediante los métodos internacionales de la AOAC determinándose proteína, grasa y almidones.

#### **3.5.2.7. Evaluación Sensorial**

Como ya se manifestó en los análisis a realizarse para optimizar la formula estableciendo el mejor tratamiento se hizo la evaluación sensorial con panel que está familiarizado con el consumo de pastas, cuyos resultados se tomaron como un indicador de calidad para escoger el mejor tratamiento.

### **3.6. Diseño experimental**

#### **3.6.1. Determinación de porcentaje de harina de zapallo**

Para determinar el aporte de harina de zapallo en la formulación se manejaron rangos de 5 a 20% con intervalos de 2.5% como se muestra en el cuadro 11.

El aporte de harina de zapallo en la formulación se basara en los resultados de pre experimentación.

Cuadro 11. Formulación empleada para el ensayo de coloración natural

<b>Ensayo</b>	<b>Sémola (%)</b>	<b>Zapallo (%)</b>	<b>Frijol de palo (%)</b>
1	70	5,0	25,0
2	70	7,5	22,5
3	70	10,0	20,0
4	70	12,5	17,5
5	70	17,5	12,5
6	70	20,0	10,0

Fuente: Autores

### 3.6.2. Determinación del porcentaje de harina de frijol de palo

Cuadro 12. Diseño experimental de tratamientos establecidos para la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de frijol de palo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>% Sémola de Trigo</b>	<b>% Harina de frijol</b>	<b>% Harina de zapallo</b>
Patrón	T0	92.5	0	Optimo
1	T1	82.5	10	Optimo
2	T 2	72.5	20	Optimo
3	T3	62.5	30	Optimo
4	T4	52.5	40	Optimo

De acuerdo a los resultados de la etapa pre experimental dados en el cuadro 11, se muestra el diseño experimental en el cuadro 12, que

muestra los niveles de sustitución de harina de frijol de palo y el nivel de sustitución de la harina de zapallo establecidos.

### 3.7. Análisis estadístico

El presente trabajo se realizó teniendo en cuenta la teoría de un diseño de experimentos por variables independientes para la obtención de datos, asegurando que estos permitan un análisis objetivo que conlleve a conclusiones válidas respecto al problema planteado; el cual fue identificar si la harina de frijol de palo presenta un incremento en el aporte proteico de los fideos, para lo cual se midió principalmente proteína, grasa y almidón para cinco tratamientos experimentales con cinco repeticiones que se fijaron para el estudio y que fueron realizados mediante los métodos internacionales de la AOAC ya descritos. Los resultados de proteína, grasa y almidón se estudiaron con análisis de varianza de un solo factor y prueba t-student de dos colas, para establecer las diferencias de los tratamientos o niveles de sustitución, cuyo modelo matemático fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Donde  $\mu$  representa la media general,  $\tau_j$  representa el efecto del tratamiento  $j$ , y  $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio al hacer la observación  $ij$ .

Esto es, se supone que todos los datos en general pertenecen a una misma población con media  $\mu$  excepto que existan desviaciones para

diferentes tratamientos del mismo factor. Por su parte  $\varepsilon_{ij}$  representa el error aleatorio o medida de la variabilidad natural dentro de cada tratamiento.

El manejo estadístico que se aplicó al índice de mezclado se realizó para tiempo y tratamientos con lo cual se aplicó un análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo para concluir sobre los efectos de dichas variables.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Donde  $\mu$  representa la media general,  $\alpha_i$  representa el efecto del tiempo  $i$ ,  $\beta_j$  representa el efecto del tratamiento y  $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio al hacer la observación  $ij$ .

El panel sensorial se manejará mediante la estadística inferencial con la aplicación de análisis de varianza de un solo factor y pruebas t-student P ( $T \leq t$ ) dos colas.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Pruebas preliminares

#### 4.1.1. Adecuación de materias primas

Para llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo fue necesario realizar una etapa pre experimental para ajustar algunos parámetros que delimitan la investigación. Dentro de la adecuación de las materias primas, la deshidratación del zapallo (Figura 2) se realizó bajo las condiciones planteadas por DUARTE y RODRÍGUEZ



Figura 2. Zapallo deshidratado

Según el diagrama de flujo indicado en la figura 3 y el balance de materia realizado para el zapallo deshidratado mostrado en la figura 4, se obtuvieron rendimientos para zapallo deshidratado del 12,73% y para la harina de zapallo del 12,60%, calculados sobre el producto inicial, estos rendimientos

fueron inferiores a los obtenidos por DUARTE y RODRÍGUEZ los cuales obtuvieron rendimientos del 8.12% y 7.92% respectivamente.

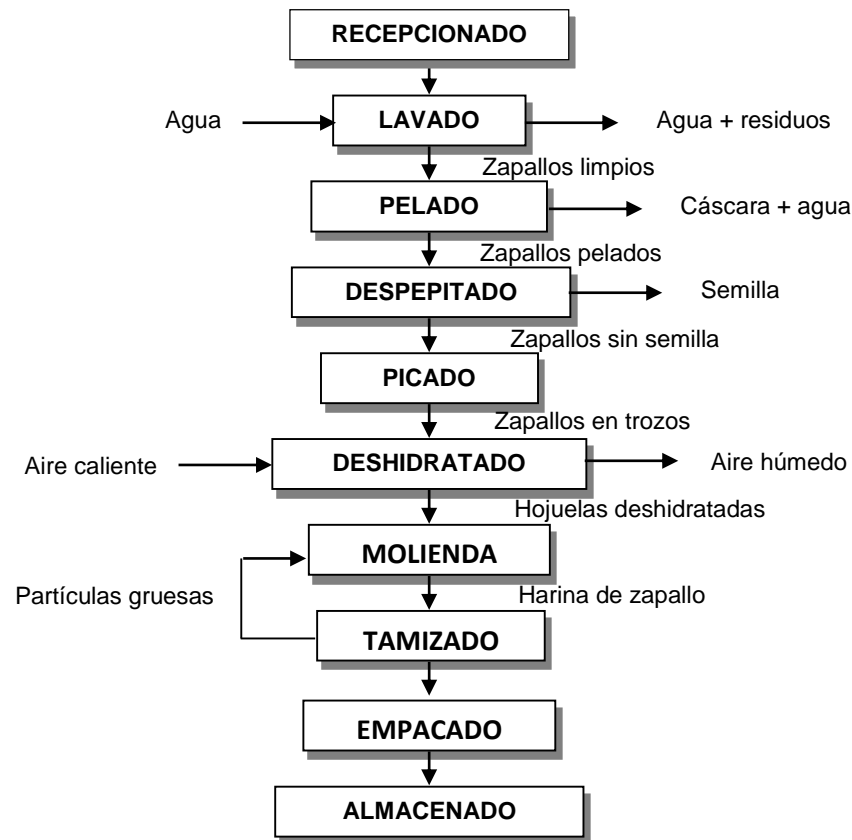


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de harina de zapallo.

En el anexo 3 se presentan los datos obtenidos de la deshidratación de zapallo para la curva de secado presentada en la figura 5, la cual muestra el comportamiento de las diferentes variables involucradas en donde se apreció que el % de humedad de salida aumentó debido a la constante eliminación de agua del producto comparado con el % de humedad de entrada el cual fue menor, tales condiciones permitieron una disminución de peso del producto, mientras las condiciones de flujo de aire

y temperatura de entrada (80°C) permanecieron relativamente constantes.

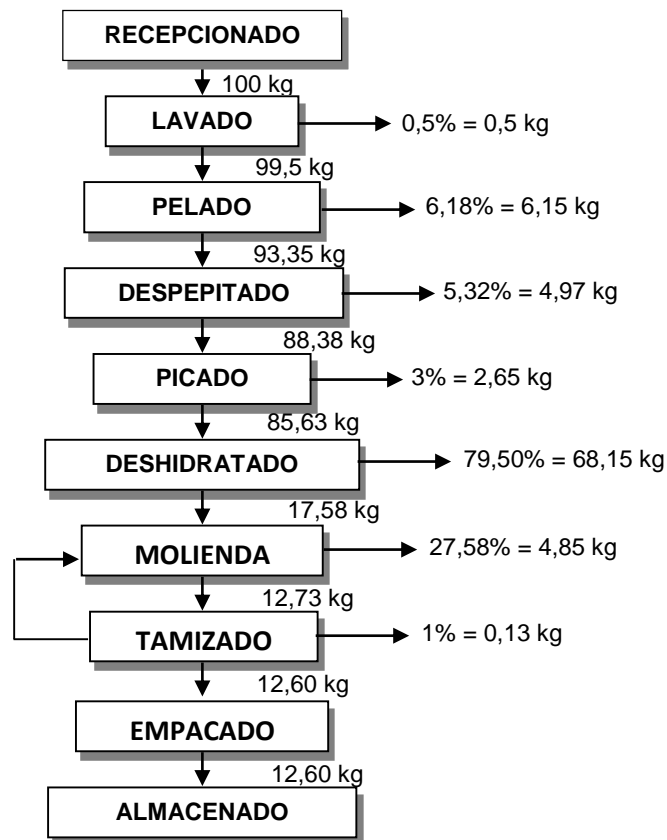


Figura 4. Balance de materia para la obtención de harina de zapallo.

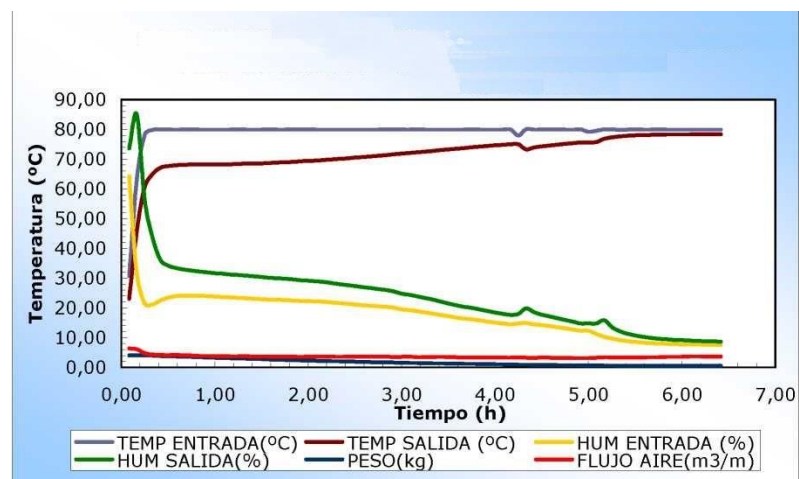


Figura 5. Curva de variables para la deshidratación del zapallo.

#### **4.1.2. Caracterización granulométrica de las materias primas**

El análisis para determinar la granulometría para las materias primas permitió establecer las cribas adecuadas a utilizarse de acuerdo a los comportamientos de cada material en la molienda, inicialmente se realizó esta operación en una sola criba para el zapallo deshidratado y el grano de frijol de palo sin obtener resultados satisfactorios debido a la alta retención de materiales gruesos que dentro del proceso afectarían la calidad de las pastas alimenticias a elaborar; sin embargo los rendimientos en molienda fueron satisfactorios a excepción de la molienda en criba de diámetro 0,5mm, como se muestra en el cuadro 13.

Por tal razón se procedió a realizar molienda del material mediante combinación de cribas; por lo tanto, el zapallo fue sometida a una molienda en criba  $\varnothing = 2.0$  mm seguida de la criba  $\varnothing = 1.2$  mm; para el frijol de palo se utilizó la criba con  $\varnothing = 1.2$  mm y  $\varnothing = 0.5$  mm en ese orden respectivamente.

Cuadro 13. Resultados de los ensayos preliminares para la granulometría de las materias primas.

Material Tamices	Promedio de retenciones (%)*					
	Sémola	Zapallo		Frijol de palo		
		2.0 mm	1.2 mm	2.0 mm	1.2 mm	0.5 mm
14 (1250 µm)		26.28	5.80	23.85	26.31	
16 (2000 µm)		13.17	8.01	12.54	12.12	
28 (630 µm)		7.89	8.32	6.60	6.84	
32 (450 µm)		0.71	0.78	0.33	0.20	
35 (400 µm)	21,86	14.52	15.88	10.13	12.88	0.39
48 (300 µm)	48,09	5.48	6.80	4.81	5.18	0.43
65 (200 µm)	27,14	9.70	10.53	8.19	8.50	3.96
80 (160 µm)	0,15	1.31	1.36	0.56	0.75	0.74
115 (125 µm)	1,81	6.78	9.27	4.55	4.45	8.83
						60.5
200 (71 µm)		6.03	17.99	3.84	3.82	8
						24.9
250 (63 µm)		5.03	13.05	22.57	16.35	0
Colector	0.65	3.17	2.37	13.12	2.62	0.16
Pérdidas	0.8	0.44	1.22	1.22	0.55	2.62
Rendimientos en molienda (%)		95.0	89.0	90.0	83.0	25.2
						6

\*Corresponden al promedio de 3 tamizaciones.

#### 4.1.3. Determinación del porcentaje de harina de zapallo

Para determinar el aporte de harina de zapallo en la formulación se manejó rangos de 5 a 20% con intervalos de 2.5% como se muestra en el cuadro 14.

Los resultados alcanzados para determinar el porcentaje de harina zapallo en la mezcla fueron evaluados bajo la escala de color utilizado por las empresas fabricantes de pasta conocido como **Universal**

**Pantone Matching System-liso** (anexo 3) presentados en el cuadro 15.

Cuadro 14. Formulación empleada para el ensayo de coloración natural

Ensayo	Sémola (%)	Zapallo (%)	Frijol de palo (%)
1	70	5.0	25.0
<b>2</b>	<b>70</b>	<b>7.5</b>	<b>22.5</b>
3	70	10.0	20.0
4	70	12.5	17.5
5	70	17.5	12.5
6	70	20.0	10.0

Cuadro 15. Resultados para la prueba de coloración natural

Ensayo	No. Pantone	No. Color
1	129	38
<b>2</b>	<b>122</b>	<b>24</b>
3	115	17
4	115	17
5	123	25
6	123	25
Patrón comercial	<b>120</b>	<b>22</b>

De acuerdo al cuadro 15 se estableció que la muestra del ensayo dos (2) era la intensidad de color adecuada para la elaboración de pastas alimenticias, por consiguiente el aporte de harina de zapallo se determinó constante con un valor de 7.5% dentro de los tratamientos, la utilización de altos porcentajes de harina de zapallo resultó en una pasta mucho más oscura. En la figura 6 se presentan las muestras obtenidas de dicha prueba.

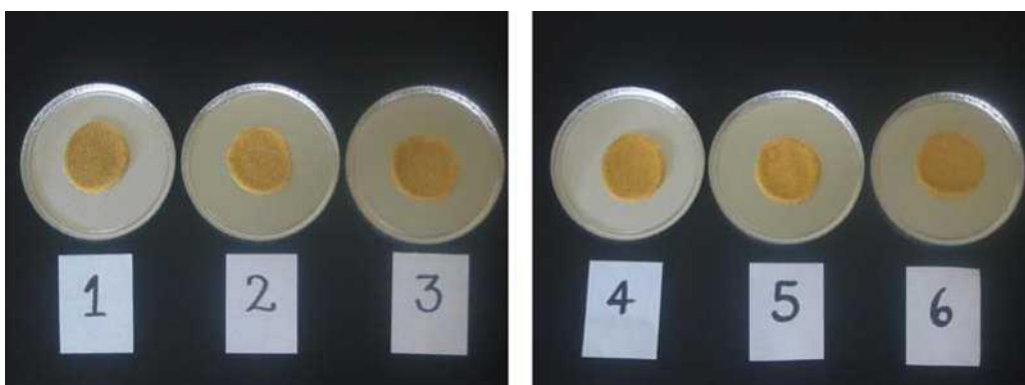


Figura 6. Ensayos de coloración natural

#### 4.1.4. Determinación de porcentaje de harina de frijol de palo

Para fijar el número de tratamientos y el grado de sustitución de sémola por harina de frijol de palo se tomó cinco (5) sustituciones así: 10%, 20%, 30%, 40% y 45%, adicionalmente tiene la inclusión de harina de zapallo en un porcentaje del 7.5% las cuales se trabajaron a escala de laboratorio para la elaboración de pastas alimenticias y evaluadas posteriormente por la prueba de cocción, con la finalidad de descartar tratamientos, de acuerdo a la consistencia, aspecto y resistencia al desmenuzamiento presentadas por las pastas para cada uno de los tratamientos.

Los resultados de las pruebas de calidad para los ensayos preliminares en la elaboración de pastas alimenticias se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Los resultados de las pruebas de calidad para los ensayos preliminares

Tratamiento*	% Agua absorbida	Resistencia al desmenuzamiento (ml/100g de pasta)	%Brix
Patrón (P)	125	170 ml	1.0
10 %	118	193 ml	1.2
20 %	130	190 ml	1.0
30 %	132	197 ml	1.2
40 %	135	264 ml	1.0
45 %	137	267 ml	1.2

\* El porcentaje hace referencia al nivel de sustitución de sémola de trigo por harina de frijol de palo

#### 4.2. Pruebas definitivas

A continuación se muestran los resultados logrados a través de la experimentación definitiva.

##### 4.2.1. Caracterización granulométrica para harinas de frijol de palo y zapallo

La granulometría para las harinas de frijol de palo y zapallo se estableció teniendo en cuenta los ensayos preliminares sin combinación de cribas, la caracterización granulométrica adecuada se definió con combinación de cribas logrando promedios de retención como se muestra en el cuadro 17, el cual muestra que se obtuvo material fino debido a que más del 80% de este fue retenido en diámetros de partícula ( $\phi$ ) entre 125  $\mu\text{m}$  y 63  $\mu\text{m}$  para ambas materias primas, sin embargo difieren de la sémola de trigo utilizada ya que esta proporción es retenida en ( $\phi$ ) entre 200-400



$\mu\text{m}$ , encontrándose dentro de la especificación NTC-420 la cual no debe pasar por tamiz con malla de 149  $\mu\text{m}$ . según KENT esta debe encontrarse entre 150-500  $\mu\text{m}$ , siendo la más adecuada para la elaboración de pastas alimenticias.

Cuadro 17. Promedio de retenciones y rendimientos en molienda para las materias primas.

Material	Promedio de retenciones (%)*		
	Sémola	Zapallo	Frijol de palo
	Criba		
Tamices	2.0 - 0.5mm	1.2 - 0.5mm	
35 (400 $\mu\text{m}$ )	21.86	3.0	0.45
48 (300 $\mu\text{m}$ )	48.09	2.58	1.56
65 (200 $\mu\text{m}$ )	27.14	8.58	7.70
80 (160 $\mu\text{m}$ )	0.15	2.83	1.42
115 (125 $\mu\text{m}$ )	1.81	25.83	10.46
200 (71 $\mu\text{m}$ )		26.08	38.56
250 (63 $\mu\text{m}$ )		30.97	39.23
Colector	0.65	0.12	0.61
Pérdidas	0.8	0.74	1.56
Rendimientos en molienda (%)		72.42	81.82

\*Corresponden al promedio de tres caracterizaciones granulométricas.

Las harinas utilizadas en la elaboración de pastas alimenticias corresponden al material retenido con diámetro de partícula  $\varnothing < 63 \mu\text{m}$  a 400  $\mu\text{m}$ , obteniendo mejores rendimientos en molienda para el frijol de palo que para el zapallo, es posible que estos rendimientos hayan sido influenciados por las condiciones propias de cada uno de los materiales

presentándose una mayor adherencia del zapallo en el equipo obligando a una mayor fricción entre el material y por otra parte a una alta generación de partículas finas en el ambiente, de allí la importancia de la utilización de ciclones o filtros de manga para la recuperación de estos.

En la figura 7 se muestra la curva acumulativa de rechazos, para las harinas de frijol de palo y zapallo, en ella se presenta la cantidad de producto (en % respecto al total) que no atraviesa cada tamiz frente a su malla.

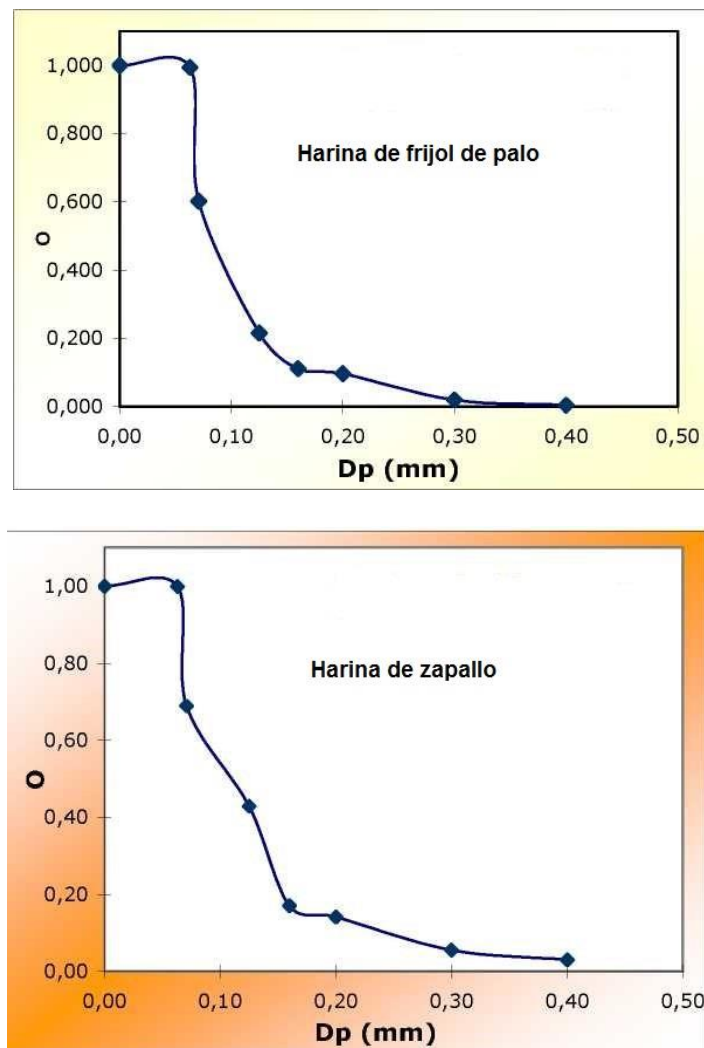


Figura 7. Valor retenido acumulado Vs luz de la malla

En la figura 8 se muestran las harinas de zapallo (a) y frijol de palo (b) obtenidas de la caracterización granulométrica, en la muestra 1 se presenta el material retenido correspondiente al diámetro de partícula entre  $\varnothing > 400 \mu\text{m}$ , la muestra 2 con un  $\varnothing = 200 - 300 \mu\text{m}$  y la muestra 3 con un  $\varnothing < 160 \mu\text{m}$ .

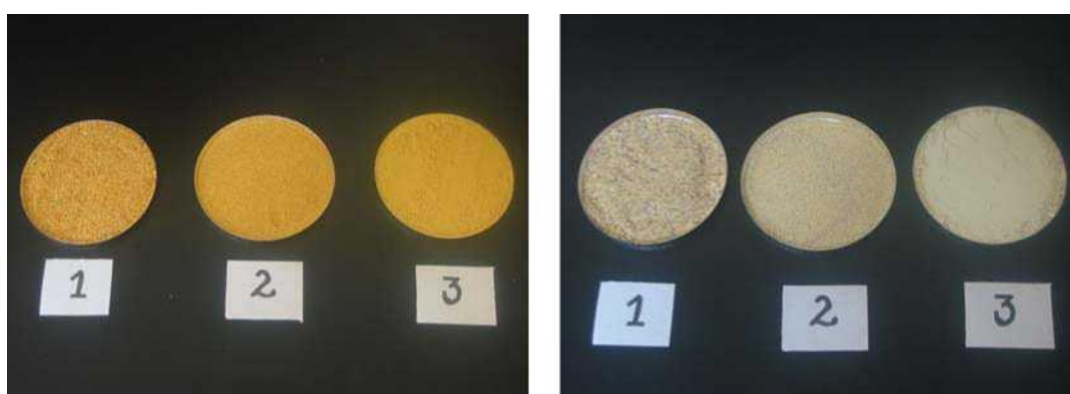


Figura 8. Tamizado de zapallo (a) y frijol de palo (b)

Se realizaron ensayos fisicoquímicos para determinar el aporte de proteína presente en las muestras 2 y 3 con el fin de verificar si la distribución de la misma era homogénea en estas dos muestras, los resultados se presentan en el cuadro 18.

Cuadro 18. Contenido de proteína en harina de frijol de palo.

Material	% proteína (N x 6.25)* en BH
Frijol de palo ( $\varnothing = 200 - 300 \mu\text{m}$ )	20.69
Frijol de palo ( $\varnothing < 160 \mu\text{m}$ )	19.73

El cuadro 18 indica que cuando se obtiene harina de frijol de palo con un diámetro de partícula inferior a  $\varnothing=160 \mu\text{m}$  existe una pequeña

pérdida de aporte proteico, sin embargo esta pérdida no es significativa, no se descarta la posibilidad de un proceso de acondicionamiento del grano a una humedad apropiada (no más del 40%) que permita retirar parte de la cubierta o testa facilitando la separación de ésta con los cotiledones; además de recurrir al proceso de precocción donde se obtiene una concentración de sólidos y un valor superior de proteína.

#### **4.2.2. Determinación del porcentaje de harina de zapallo**

El aporte de harina de zapallo en la formulación se basó en los resultados de pre experimentación (cuadro 14 y 15) para lo cual se fijó en 7.5%.

#### **4.2.3. Determinación del porcentaje de harina de frijol de palo**

De acuerdo a los resultados de la etapa pre experimental dados en el cuadro 18, se muestra el diseño experimental en el cuadro 19, que muestra los niveles de sustitución de harina de frijol de palo y el nivel de sustitución de la harina de zapallo establecidos.

Para poder establecer el porcentaje óptimo es necesario realizar un análisis de proceso productivo para elaborar la pasta alimenticia, analizar la calidad de la cocción de los fideos elaborados, evaluar sensorialmente y finalmente caracterizar fisicoquímica los tratamientos para saber cuál es la mejor pasta, todo esto análisis en base al cuadro 19.

Cuadro 19. Tratamientos establecidos para la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de frijol de palo y zapallo.

Tratamiento	Código	% Sémola de Trigo	% Harina de frijol de palo	% Harina de zapallo
Patrón	T0	92.5	0	7.5
1	T1	82.5	10	7.5
2	T2	72.5	20	7.5
3	T3	62.5	30	7.5
4	T4	52.5	40	7.5

#### 4.2.3.1. Elaboración de fideos

Para la elaboración de las pastas correspondientes a cada tratamiento se llevaron a cabo utilizando 500 gramos de mezcla, la cantidad de aceite (2.0%) y sal (1.5%) se adicionaron por igual para cada una, las harinas se hidrataron al 40% ya que no se obtuvieron buenos resultados al ser hidratadas al 30% y 50%.

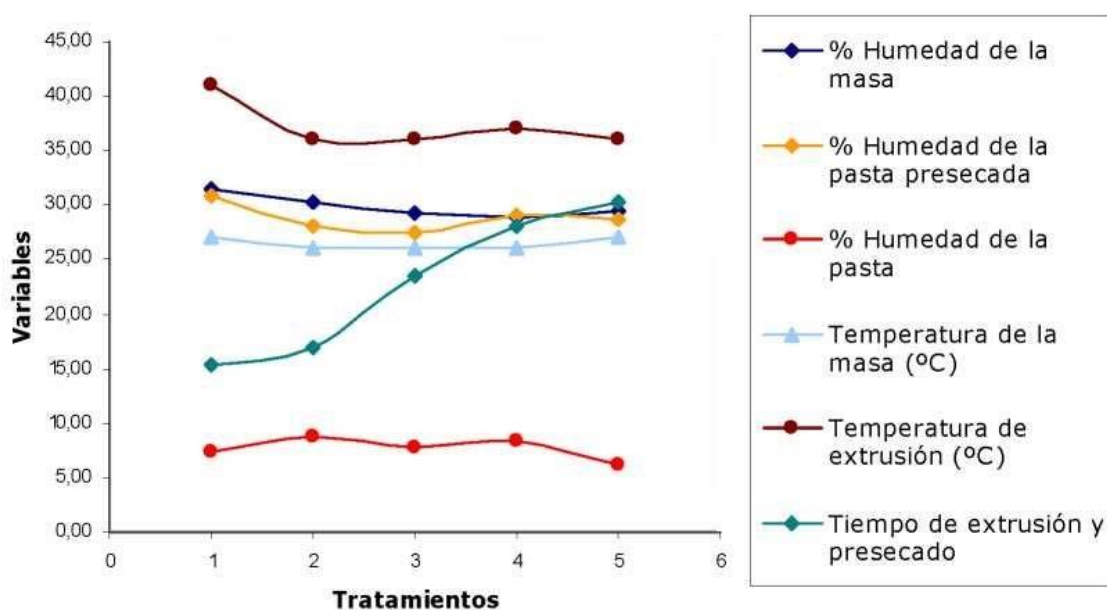
Cuadro 20. Variables de proceso obtenidas en la elaboración de pastas alimenticias

Proceso	Variables	T0	T1	T2	T3	T4
Amasado	% Humedad masa*	31,54	30,23	29,30	29,89	29,55
	T(°C)	27	26	26	26	27
Extrusión	T(°C)	41	36	36	37	36
	Tiempo (min)	15,38	16,90	23,52	28,17	30,22
Presecado	% Humedad pasta					
	presecada*	30,78	28,02	27,47	28,98	28,60
	Tiempo (min)	15,38	16,90	23,52	28,17	29,01
Secado	%Humedad pasta*	7,44	8,74	7,81	8,32	6,26

\*Los datos reportados son el promedio de tres muestras analizadas Fuente: Autores

Teniendo en cuenta las variables e indicadores fijados para el proceso desde la humectación hasta el secado (cuadro 11), se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 20.

La Figura 9 muestra el comportamiento de las variables obtenidas en el proceso (cuadro 20).



T0 (1), T1 (2), T2 (3), T3 (4), T4 (5)

Fuente: Autores

Figura 9. Comportamiento de las variables de proceso para los diferentes tratamientos

Se pudo observar que no hay diferencias marcadas para la humedad y temperatura de la masa en todos los tratamientos, el porcentaje de humedad de presecado disminuye pero no considerablemente en relación a la de la masa, esto se debe a que el tiempo de presecado para las pastas no fue prolongado ya que se realizó a medida que la pasta salía

del extrusor, esta etapa del proceso no fue la más óptima si se tiene en cuenta que uno de los objetivos del proceso de presecado es disminuir la humedad de la pasta hasta un 18% de humedad, sin embargo la corriente de aire utilizada (50-60°C) facilitó el manejo de las pastas a la salida del extrusor evitando que se adhirieran unas a otras por lo tanto donde se retiró mayor cantidad de agua fue en la etapa de secado.

Por otra parte la temperatura de extrusión se mantuvo relativamente constante en todos los tratamientos, pero aumento en relación a la de la masa, corroborando así la influencia que ejerce un cambio de presión y fuerza ejercida por el tornillo en esta que hace que la temperatura aumente; el tiempo de extrusión aumento en relación al incremento en el nivel de sustitución ya que la masa se adhería con facilidad al tornillo prolongado el proceso.

Una vez finalizada la extrusión de las pastas se realizó la deshidratación de las mismas sometiendo todos los tratamientos al mismo periodo de tiempo (2.5 horas), al emplear tiempos de secado inferiores (1.5 horas) se obtuvieron humedades de la pasta entre 12-13% encontrándose estas dentro de la norma NTC-1055 sin embargo en dicha humedad las pastas presentaban una textura blanda y frágil, no obstante al someterlas a 2.5 horas de secado se encontró que la humedad final de las pastas no fue la más óptima ya que fueron muy bajas en relación a la de las pastas comerciales (10-11%), además de ser muy variables entre los mismos tratamientos, las condiciones de proceso para cada uno de estos se encuentran en los cuadro 21, 22, 23, 24 y 25.

Cuadro 21. Condiciones de operación en la deshidratación para el tratamiento T0

Horas	T. Entrada (°C)	T. Salida (°C)	H.E (%)	H.S (%)	PESO (kg)	Caudal (m <sup>3</sup> /min)
0	18,30	19,00	49,50	61,30	0,575	0,36
0,17	53,29	44,80	25,10	82,35	0,520	6,94
0,33	70,12	66,10	20,80	34,20	0,505	4,84
0,50	70,00	67,36	24,16	20,57	0,488	4,58
0,67	69,99	67,81	23,24	16,92	0,472	4,69
0,83	67,92	64,67	21,85	15,85	0,455	4,89
1,00	70,14	67,17	20,38	14,96	0,443	4,82
1,17	68,80	65,03	19,01	15,31	0,432	4,77
1,33	66,29	59,07	17,03	15,94	0,422	4,80
1,50	70,09	66,56	11,85	16,77	0,420	4,44
1,67	70,00	67,63	10,72	14,37	0,420	4,40
1,83	70,00	68,01	10,05	12,63	0,420	4,24
2,00	69,94	68,16	9,61	11,81	0,420	4,12
2,17	69,68	67,81	9,20	11,48	0,420	4,24
2,33	70,18	67,00	8,99	11,32	0,420	4,22
2,50	70,05	66,83	8,68	11,20	0,420	4,26

Cuadro 22. Condiciones de operación en la deshidratación para el tratamiento T1

Horas	T. Entrada (°C)	T. Salida (°C)	H. E (%)	H.S (%)	PESO (kg)	Caudal (m <sup>3</sup> /min)
0	17,20	18,30	54,20	53,20	0,570	0,35
0,17	55,49	46,66	39,75	73,53	0,540	6,70
0,33	70,12	66,12	14,88	26,72	0,522	5,00
0,50	69,99	67,11	12,98	17,09	0,510	4,82
0,67	69,99	67,34	11,88	14,52	0,498	4,88
0,83	69,99	67,44	11,03	13,15	0,482	4,95
1,00	69,97	67,54	10,35	12,21	0,467	4,63
1,17	69,96	67,64	9,81	11,54	0,459	4,69
1,33	69,96	67,73	9,36	11,00	0,447	4,72
1,50	69,95	67,80	9,02	10,61	0,445	4,89
1,67	69,96	67,84	8,77	10,31	0,441	4,84
1,83	69,97	68,00	8,59	10,11	0,440	4,83
2,00	69,96	68,07	8,39	9,89	0,440	4,60
2,17	69,96	68,10	8,23	9,70	0,440	4,48
2,33	69,97	68,10	8,06	9,54	0,440	4,56
2,50	69,95	68,10	7,94	9,35	0,440	4,39



Cuadro 23. Condiciones de operación en la deshidratación para el tratamiento T2

Horas	T. Entrada (°C)	T. Salida (°C)	H. E (%)	H. S (%)	PESO (kg)	Caudal (m <sup>3</sup> /m)
0	18,50	18,40	54,00	61,90	0,575	0,33
0,17	31,86	26,91	51,28	68,24	0,540	4,72
0,33	68,91	61,90	19,54	47,39	0,520	5,18
0,50	70,04	66,58	14,78	22,00	0,505	4,56
0,67	70,00	67,22	13,24	16,97	0,489	4,49
0,83	69,99	67,52	12,15	14,86	0,472	4,49
1,00	69,97	67,70	11,33	13,65	0,462	4,63
1,17	69,97	68,23	8,30	9,83	0,452	4,42
1,33	69,98	68,30	8,17	9,65	0,445	4,49
1,50	69,95	68,34	8,05	9,51	0,443	4,59
1,67	69,79	68,19	8,02	9,41	0,440	4,55
1,83	69,95	68,40	8,03	9,32	0,440	4,58
2,00	69,97	68,40	8,00	9,20	0,440	4,61
2,17	68,35	63,49	7,93	9,10	0,440	4,47
2,33	63,08	55,62	7,91	9,07	0,440	4,57
2,50	53,64	47,29	7,85	9,03	0,440	4,39

Cuadro 24. Condiciones de operación en la deshidratación para el tratamiento T3

Horas	T. Entrada (°C)	T. Salida (°C)	H. E (%)	H.S (%)	PESO (kg)	Caudal (m <sup>3</sup> /min)
0	38,70	33,50	14,10	15,60	0,570	0,18
0,17	60,73	51,88	19,86	29,41	0,538	5,35
0,33	70,03	65,91	13,18	19,14	0,520	4,82
0,50	69,99	66,93	11,66	14,46	0,502	4,56
0,67	69,98	67,38	10,67	12,80	0,487	4,52
0,83	69,96	67,63	9,90	11,78	0,471	4,52
1,00	69,95	67,82	9,30	11,04	0,461	4,45
1,17	69,98	67,94	8,92	10,57	0,452	4,39
1,33	69,96	68,03	8,63	10,24	0,442	4,54
1,50	69,96	68,10	8,44	10,00	0,438	4,42
1,67	69,94	68,11	8,28	9,81	0,435	4,52
1,83	69,95	68,18	8,06	9,59	0,435	4,45
2,00	69,96	68,20	7,92	9,42	0,435	4,58
2,17	69,96	67,58	7,85	9,53	0,435	3,71
2,33	69,97	68,19	7,84	9,32	0,435	4,62
2,50	69,98	68,20	7,79	9,18	0,435	4,73

Cuadro 25. Condiciones de operación en la deshidratación para el tratamiento T4.

<b>Horas</b>	<b>T. Entrada (°C)</b>	<b>T. Salida (°C)</b>	<b>H.E (%)</b>	<b>H.S (%)</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/m)</b>
0	18,30	19,00	49,50	61,30	0,565	0,36
0,17	53,01	43,86	39,23	68,39	0,535	6,45
0,33	70,09	65,57	14,96	26,83	0,522	4,45
0,50	70,00	66,93	12,52	16,31	0,506	4,26
0,67	69,98	67,43	11,10	13,54	0,492	4,29
0,83	69,97	67,73	10,14	12,14	0,479	4,27
1,00	69,96	67,93	9,43	11,22	0,465	4,38
1,17	69,94	68,03	8,89	10,54	0,456	4,49
1,33	69,96	68,11	8,49	10,07	0,451	4,46
1,50	69,94	68,17	8,19	9,72	0,443	4,48
1,67	69,96	68,20	7,99	9,46	0,440	4,58
1,83	69,95	68,20	7,84	9,26	0,435	4,68
2,00	69,95	68,22	7,75	9,12	0,435	4,74
2,17	69,95	68,30	7,64	8,99	0,435	4,81
2,33	69,96	68,30	7,59	8,89	0,435	4,71
2,50	69,94	68,30	7,52	8,79	0,435	4,63

Para realizar la curva de humedad y la curva de velocidad de secado se calcularon las siguientes variables mostradas en los cuadros 26, 27, 28, 29 y 30, donde cada una de ellas es denominada como: tiempo en horas T(h), porcentaje de humedad del producto (%H), fracción húmeda (FH), fracción seca (FS), contenido de humedad libre ( $x$ =kg agua/kg sólidos secos), humedad media libre ( $X$ =kg agua/kg sólidos secos), diferencial de la fracción húmeda ( $\Delta x$ ), diferencial del tiempo ( $\Delta t$ ), velocidad de secado ( $W$ ).

Cuadro 26. Determinación de variables para la curva de humedad y velocidad de secado en la deshidratación de pastas (T0)

T(h)	PESO								
	(kg)	%H	FH	FS	x	X	$\Delta x$	$\Delta t$	W
0,00	0,575	30,77	0,168	0,377	0,444				
0,17	0,520	26,18	0,143	0,377	0,378	0,411	0,066	0,17	0,882
0,33	0,505	23,43	0,128	0,377	0,338	0,358	0,040	0,17	0,529
0,50	0,488	20,31	0,111	0,377	0,293	0,316	0,045	0,17	0,600
0,67	0,472	17,38	0,095	0,377	0,251	0,272	0,042	0,17	0,565
0,83	0,455	14,26	0,078	0,377	0,206	0,228	0,045	0,17	0,600
1,00	0,443	12,05	0,066	0,377	0,174	0,190	0,032	0,17	0,424
1,17	0,432	10,04	0,055	0,377	0,145	0,160	0,029	0,17	0,388
1,33	0,422	8,20	0,045	0,377	0,118	0,132	0,027	0,17	0,353
1,50	0,420	7,83	0,043	0,377	0,113	0,116	0,005	0,17	0,071
1,67	0,420	7,83	0,043	0,377	0,113	0,113	0,000	0,17	0,000
1,83	0,420	7,83	0,043	0,377	0,113	0,113	0,000	0,17	0,000
2,00	0,420	7,83	0,043	0,377	0,113	0,113	0,000	0,17	0,000
2,17	0,420	7,83	0,043	0,377	0,113	0,113	0,000	0,17	0,000
2,33	0,420	7,83	0,043	0,377	0,113	0,113	0,000	0,17	0,000
2,50	0,420	7,83	0,043	0,377	0,113	0,113	0,000	0,17	0,000

Cuadro 27. Determinación de variables para la curva de humedad y velocidad de secado en la deshidratación de pastas (T1)

T(h)	PESO								
	(kg)	%H	FH	FS	,x	X	$\Delta x$	$\Delta t$	W
0,00	0,570	28,02	0,160	0,410	0,389				
0,17	0,540	22,76	0,130	0,410	0,316	0,353	0,073	0,17	1,078
0,33	0,522	19,60	0,112	0,410	0,272	0,294	0,044	0,17	0,647
0,50	0,510	17,49	0,100	0,410	0,243	0,258	0,029	0,17	0,431
0,67	0,498	15,39	0,088	0,410	0,214	0,228	0,029	0,17	0,431
0,83	0,482	12,58	0,072	0,410	0,175	0,194	0,039	0,17	0,575
1,00	0,467	9,95	0,057	0,410	0,138	0,157	0,037	0,17	0,539
1,17	0,459	8,55	0,049	0,410	0,119	0,128	0,019	0,17	0,287
1,33	0,447	6,44	0,037	0,410	0,089	0,104	0,029	0,17	0,431
1,50	0,445	6,09	0,035	0,410	0,085	0,087	0,005	0,17	0,072
1,67	0,441	5,39	0,031	0,410	0,075	0,080	0,010	0,17	0,144
1,83	0,440	5,21	0,030	0,410	0,072	0,074	0,002	0,17	0,036
2,00	0,440	5,21	0,030	0,410	0,072	0,072	0,000	0,17	0,000
2,17	0,440	5,21	0,030	0,410	0,072	0,072	0,000	0,17	0,000
2,33	0,440	5,21	0,030	0,410	0,072	0,072	0,000	0,17	0,000
2,50	0,440	5,21	0,030	0,410	0,072	0,072	0,000	0,17	0,000

Cuadro 28. Determinación de variables para la curva de humedad y velocidad de secado en la deshidratación de pastas (T2)

T(h)	PESO		%H	FH	FS	,x	X	$\Delta x$	$\Delta t$	W
	(kg)									
0,00	0,575		27,47	0,158	0,417	0,379				
0,17	0,540		21,38	0,123	0,417	0,295	0,337	0,084	0,17	1,221
0,33	0,520		17,90	0,103	0,417	0,247	0,271	0,048	0,17	0,698
0,50	0,505		15,30	0,088	0,417	0,211	0,229	0,036	0,17	0,523
0,67	0,489		12,51	0,072	0,417	0,173	0,192	0,038	0,17	0,558
0,83	0,472		9,56	0,055	0,417	0,132	0,152	0,041	0,17	0,593
1,00	0,462		7,82	0,045	0,417	0,108	0,120	0,024	0,17	0,349
1,17	0,452		6,08	0,035	0,417	0,084	0,096	0,024	0,17	0,349
1,33	0,445		4,86	0,028	0,417	0,067	0,075	0,017	0,17	0,244
1,50	0,443		4,51	0,026	0,417	0,062	0,065	0,005	0,17	0,070
1,67	0,440		3,99	0,023	0,417	0,055	0,059	0,007	0,17	0,105
1,83	0,440		3,99	0,023	0,417	0,055	0,055	0,000	0,17	0,000
2,00	0,440		3,99	0,023	0,417	0,055	0,055	0,000	0,17	0,000
2,17	0,440		3,99	0,023	0,417	0,055	0,055	0,000	0,17	0,000
2,33	0,440		3,99	0,023	0,417	0,055	0,055	0,000	0,17	0,000
2,50	0,440		3,99	0,023	0,417	0,055	0,055	0,000	0,17	0,000

Cuadro 29. Determinación de variables para la curva de humedad y velocidad de secado en la deshidratación de pastas (T3)

T(h)	PESO		%H	FH	FS	,x	X	$\Delta x$	$\Delta t$	W
	(kg)									
0,00	0,570		28,98	0,165	0,405	0,408				
0,17	0,538		23,37	0,133	0,405	0,329	0,369	0,079	0,17	1,110
0,33	0,520		20,21	0,115	0,405	0,285	0,307	0,044	0,17	0,624
0,50	0,502		17,05	0,097	0,405	0,240	0,262	0,044	0,17	0,624
0,67	0,487		14,42	0,082	0,405	0,203	0,222	0,037	0,17	0,520
0,83	0,471		11,61	0,066	0,405	0,163	0,183	0,040	0,17	0,555
1,00	0,461		9,86	0,056	0,405	0,139	0,151	0,025	0,17	0,347
1,17	0,452		8,28	0,047	0,405	0,117	0,128	0,022	0,17	0,312
1,33	0,442		6,52	0,037	0,405	0,092	0,104	0,025	0,17	0,347
1,50	0,438		5,82	0,033	0,405	0,082	0,087	0,010	0,17	0,139
1,67	0,435		5,30	0,030	0,405	0,075	0,078	0,007	0,17	0,104
1,83	0,435		5,30	0,030	0,405	0,075	0,075	0,000	0,17	0,000
2,00	0,435		5,30	0,030	0,405	0,075	0,075	0,000	0,17	0,000
2,17	0,435		5,30	0,030	0,405	0,075	0,075	0,000	0,17	0,000
2,33	0,435		5,30	0,030	0,405	0,075	0,075	0,000	0,17	0,000
2,50	0,435		5,30	0,030	0,405	0,075	0,075	0,000	0,17	0,000

Cuadro 30. Determinación de variables para la curva de humedad y velocidad de secado en la deshidratación de pastas (T4)

T(h)	PESO (kg)	%H	FH	FS	,x	X	$\Delta x$	$\Delta t$	W
0,00	0,565	28,60	0,162	0,403	0,401				
0,17	0,535	23,29	0,132	0,403	0,326	0,363	0,074	0,17	1,098
0,33	0,522	20,99	0,119	0,403	0,294	0,310	0,032	0,17	0,476
0,50	0,506	18,16	0,103	0,403	0,254	0,274	0,040	0,17	0,585
0,67	0,492	15,68	0,089	0,403	0,220	0,237	0,035	0,17	0,512
0,83	0,479	13,38	0,076	0,403	0,187	0,203	0,032	0,17	0,476
1,00	0,465	10,90	0,062	0,403	0,153	0,170	0,035	0,17	0,512
1,17	0,456	9,31	0,053	0,403	0,130	0,142	0,022	0,17	0,329
1,33	0,451	8,42	0,048	0,403	0,118	0,124	0,012	0,17	0,183
1,50	0,443	7,01	0,040	0,403	0,098	0,108	0,020	0,17	0,293
1,67	0,440	6,48	0,037	0,403	0,091	0,094	0,007	0,17	0,110
1,83	0,435	5,59	0,032	0,403	0,078	0,085	0,012	0,17	0,183
2,00	0,435	5,59	0,032	0,403	0,078	0,078	0,000	0,17	0,000
2,17	0,435	5,59	0,032	0,403	0,078	0,078	0,000	0,17	0,000
2,33	0,435	5,59	0,032	0,403	0,078	0,078	0,000	0,17	0,000
2,50	0,435	5,59	0,032	0,403	0,078	0,078	0,000	0,17	0,000

La pérdida de agua del producto en función del tiempo se presenta mediante la curva de humedad (Figura 10), esta fue muy similar para los demás tratamientos, permitió determinar la humedad crítica ( $X_c$ ) mediante la tangente a la curva, punto de referencia en que es terminada la etapa de velocidad constante. La curva de velocidad de secado, presentada en la figura 11 determina las etapas en la que se desarrolla la operación de deshidratación para las pastas elaboradas, esta permitió determinar la etapa de velocidad constante y velocidad decreciente para la determinación del tiempo teórico de secado. Una vez determinadas las variables que intervienen en la deshidratación se utilizó la ecuación 9 y 10 del literal para determinar el tiempo teórico de secado para los diferentes tratamientos, en el cuadro 31 se presentan los resultados obtenidos.

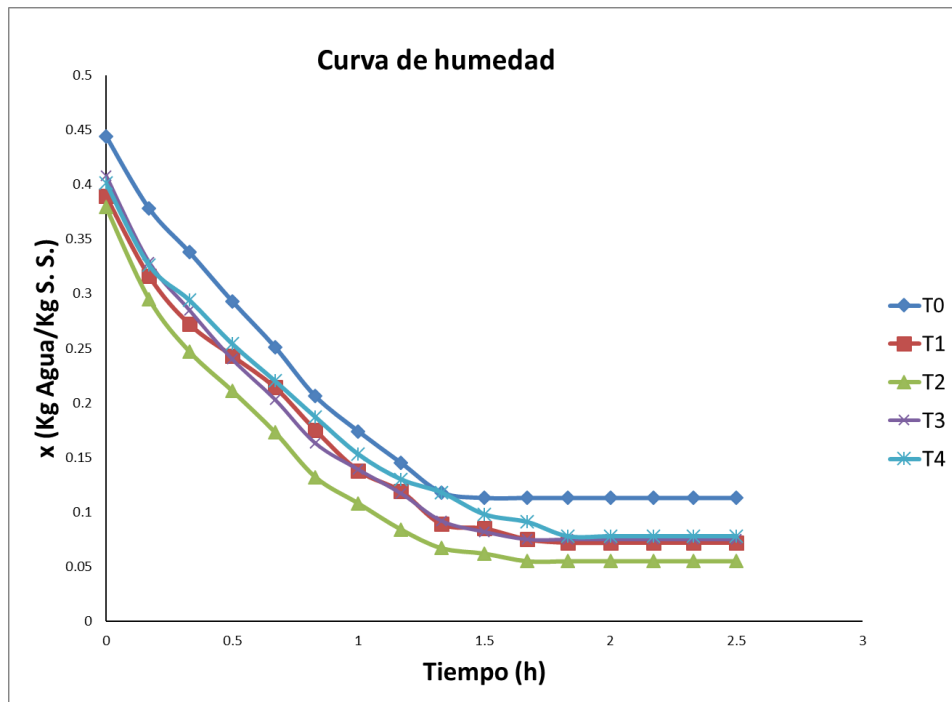


Figura 10. Curva de Humedad para la deshidratación de pasta a diferentes tratamientos.

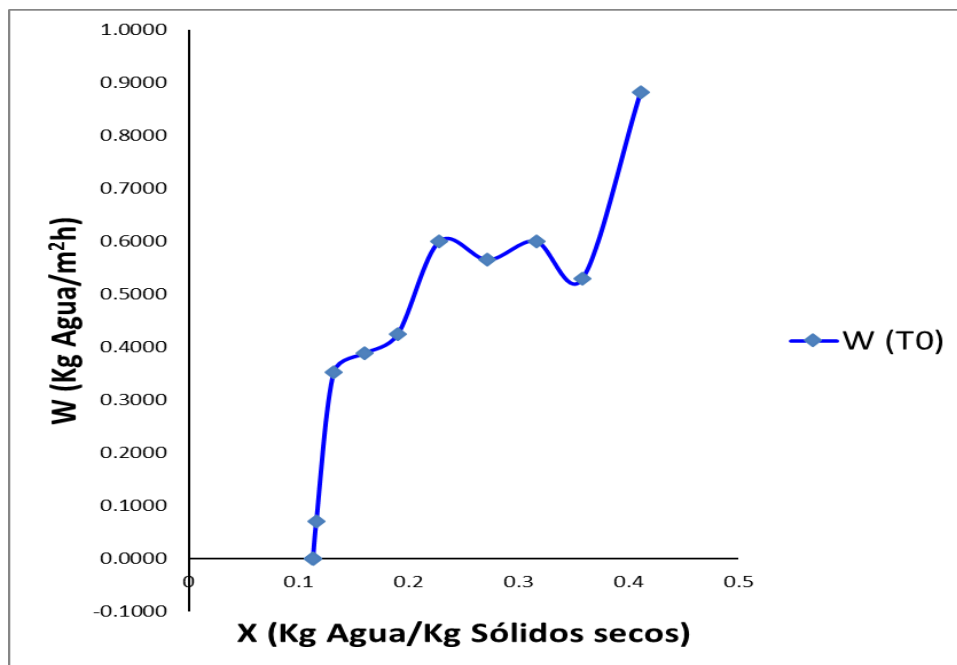


Figura 11. Curva de velocidad de secado para T0

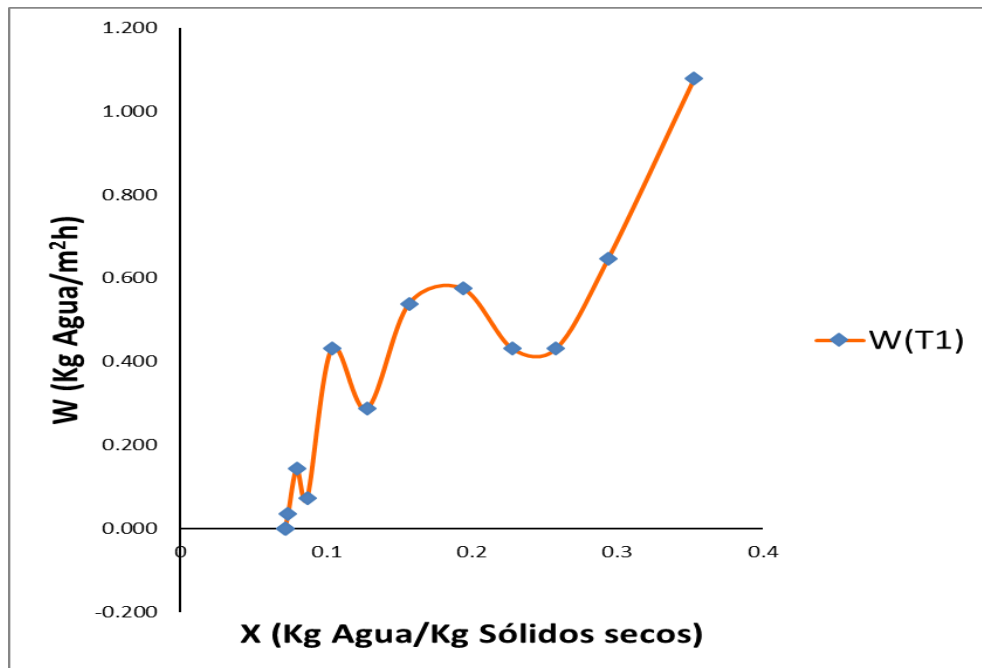


Figura 12. Curva de velocidad de secado para T1

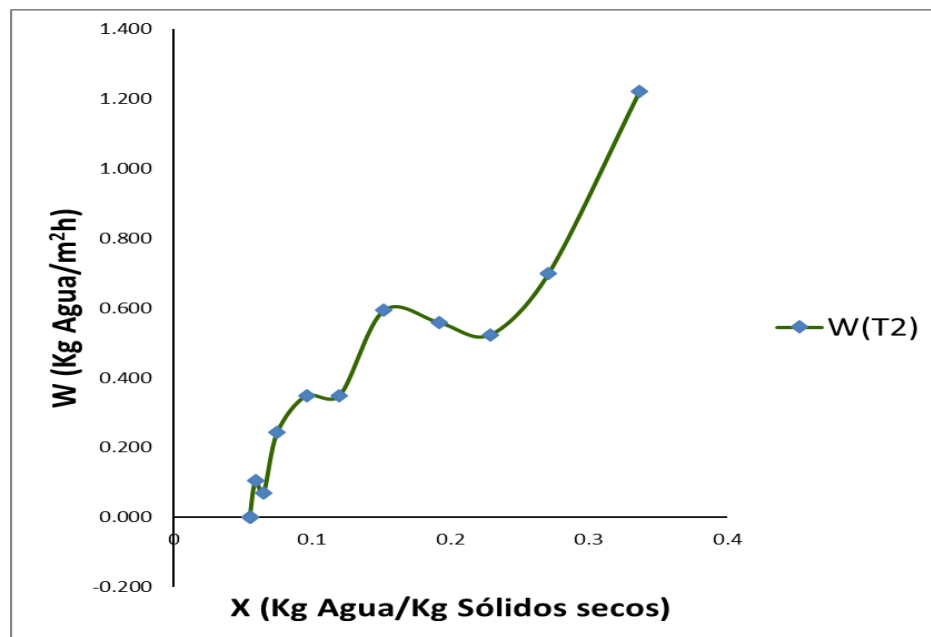


Figura 13. Curva de velocidad de secado para T2

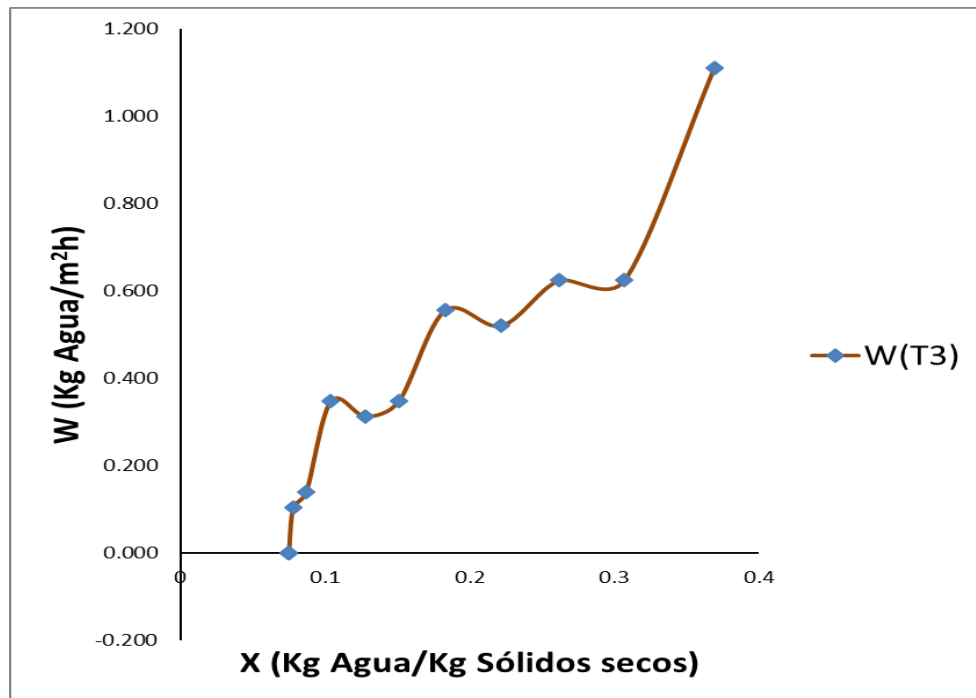


Figura 14. Curva de velocidad de secado para T3

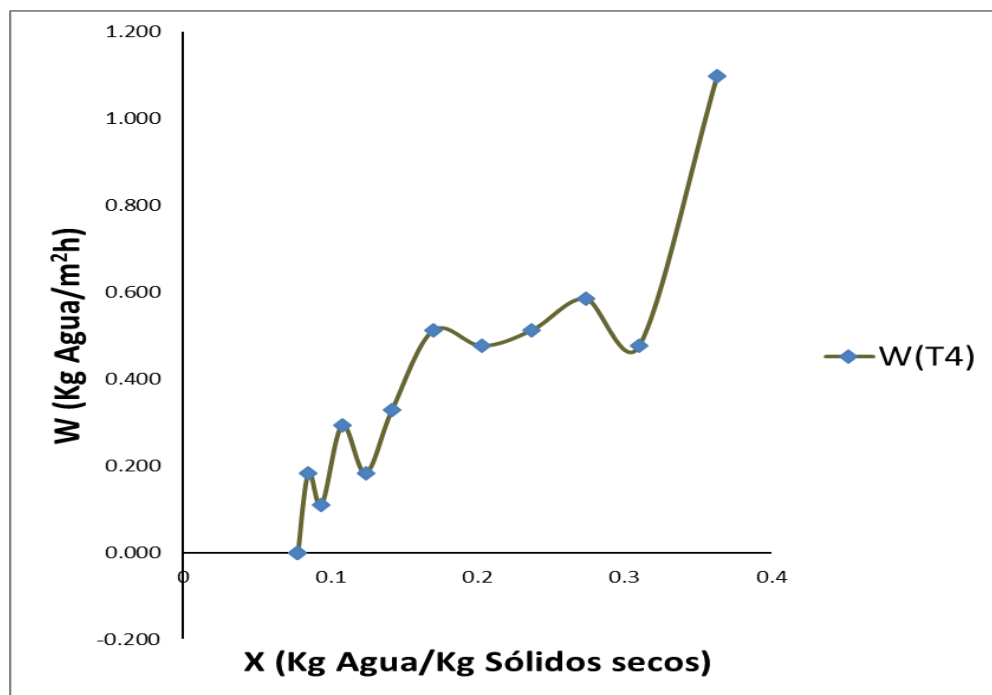


Figura 15. Curva de velocidad de secado para T4



Cuadro 31. Determinación de variables para el cálculo del tiempo teórico de secado para los diferentes tratamientos.

Variable	Símbolo	T0	T1	T2	T3	T4
Humedad media libre Inicial (kg agua/kg s.s)	Xo	0.358	0.258	0.271	0.258	0.310
Humedad critica (kg agua/kg s.s)	Xc	0.160	0.128	0.096	0.128	0.142
Fracción (sólidos totales)	S.S	0.377	0.410	0.417	0.405	0.403
Velocidad de secado en la humedad critica (Kg agua/m <sup>2</sup> h)	Wc	0.388	0.287	0.349	0.312	0.329
Área del producto (m <sup>2</sup> )	A	0.170	0.167	0.172	0.173	0.164
Velocidad de secado (Etapa de velocidad decreciente)	$\int dx/W$	0.192	0.32	0.224	0.216	0.306
Tiempo (h) teórico en el periodo de Velocidad constante	t <sub>c</sub>	1.13	1.11	1.21	1.34	1.25
Tiempo (h) teórico en el periodo de Velocidad decreciente	t <sub>dc</sub>	0.51	0.41	0.40	0.54	0.45
Tiempo (h) teórico total	t <sub>s</sub>	1.64	1.52	1.61	1.88	1.70

Se encontró que en el proceso de deshidratación de las pastas prevaleció la etapa de velocidad constante, en donde se llevó a cabo una reducción importante del contenido de agua en la superficie del producto encontrándose una correlación con lo hallada en la experimentación y lo citado por la literatura, donde esta etapa es importante para definir la calidad de las pastas respecto al color, textura y sabor; por otra parte al eliminar el agua a velocidad constante se evita gradientes de humedad que puedan facilitar la

presencia de pequeñas grietas además que las hace menos susceptibles al quiebre o ensortijamiento.

El tiempo teórico promedio para todos los tratamientos fue de 1.7 h., tiempo que fue muy próximo al utilizado en las pruebas preliminares pero sin lograr las características apropiadas de textura que se buscaba dentro del producto. Por tal razón el tiempo ajustado a 2.5 h. permitió lograr la textura pero no las condiciones finales adecuadas de humedad para este tipo de producto.

#### 4.2.3.2. Calidad en cocción de las pastas alimenticias

Una vez realizado el proceso de secado de las pastas (figura 16), éstas fueron sometidas a las pruebas de calidad en cocción obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro 32.

El cuadro 32, indica que los niveles de sustitución utilizados para harinas de frijol de palo y zapallo afectaron la calidad de las pastas ya que presentaron alta migración de sólidos en el agua de cocción, lo cual no es deseable para una pasta alimenticia de presentación larga.

Cuadro 32. Resultados de calidad en cocción

Indicador	Comercial	T0	T1	T2	T3	T4
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	1,9083	2,62	3,11	3,1	3,84	3,82
Sólidos Suspendidos	1,0042	1,4	1,57	1,61	2,31	2,25
Sólidos Solubles	0,904	1,23	1,53	1,48	1,52	1,57
°Brix	1	1,2	1,4	1,8	1,8	1,6
<b>RESISTENCIA AL DESMENUZAMIENTO</b>						
Sedimento /100g	70	163	204	184	186	256
% Sedimento	7	16,3	20,4	18,4	18,6	25,6
% de agua absorbida	150	136	138	152	154	156

Los niveles de sedimento/100 gramos de pasta aumentaron progresivamente respecto al nivel de sustitución y variaron considerablemente en relación a la comercial, este indicador permite clasificar las pastas dentro de un rango aceptable de calidad ya que estas no presentaron sedimentos superiores a 300ml/100g sin embargo estos no fueron los más óptimos.



Figura 16. Pasta según el tratamiento T1 que es el óptimo.

Una característica deseable para una pasta alimenticia es poseer una adecuada absorción de agua debido a los rendimientos que se esperan de la misma, sin que se presente una alta migración de sólidos y por consiguiente de niveles de sedimentación (figura 17), para las pastas T2 a T4 se obtuvo una buena absorción de agua pero como se mencionó antes los niveles de sedimentación obtenidos no fueron los más óptimos, debido a la carencia de la aplicación de un presecado más prolongado para que permitiera reducir la humedad superficial hasta un 20% y dar mayor estabilidad a las pastas, otro factor que influyó fue el desbalance de la proteína funcional; CUBADDA (1989) et al., demostraron que remover adversamente la proteína, afecta la retención

de amilosa, produciendo alta absorción de agua, altas pérdidas en cocción, gomosidad, blandura y pastosidad, se ha mostrado que una pasta con esas características depende de componentes bioquímicos, principalmente del almidón escapado de la red de proteína y que se adhiere a la superficie de la pasta cocida, propiedades presentadas en las pastas elaboradas.



**TS-4   TS-3   TS-2   TS-1   PSE**

Figura 17. Cono Imhoff para determinación del nivel de sedimentación

Los resultados obtenidos tienen una incidencia directa con la calidad en cocción obtenidas en las pastas, ya que las masas con baja calidad viscoelásticas no son deseables para los procesos de pastificación; por una parte al obtener masas con alta tenacidad demuestra lo que WALSH y GILLES, (1989) encontraron cuando afirman que un alto contenido de gliadina podría estar relacionado con una baja firmeza y alta pérdida en cocción.

#### 4.2.3.3. Determinación del mejor tratamiento según las caracterización fisicoquímica

Al ser definida la granulometría adecuada para el proceso y obtenidas las mezclas se realizaron los análisis proximales para cada una de estas, en el cuadro 33 se encuentra el consolidado para el contenido de nutrientes en cada tratamiento, partiendo de una sémola de trigo con un 11.2% de proteína, harina de frijol de palo con un 18.2% y harina de zapallo con un 8.1% de aporte proteico, se presentó un incremento progresivo en el contenido de proteína de las mezclas al aumentar el nivel de sustitución desde un 11.7% promedio para el caso de T0, hasta un 21.4% sobre el contenido basal de esta para T4, como se muestra en la figura 18.

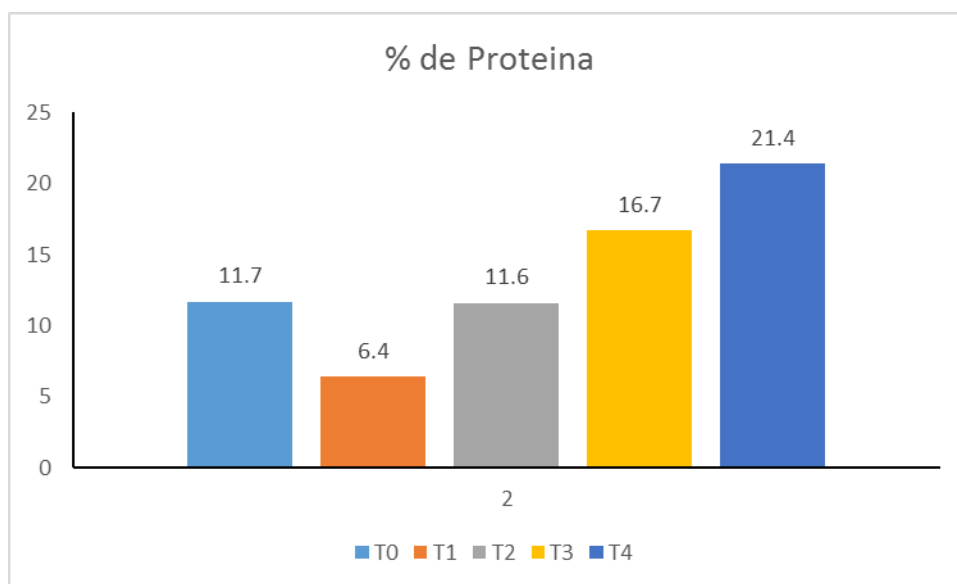


Figura 18. Incremento del aporte proteico sobre el contenido basal de los tratamientos.

Se presentó un incremento en el contenido mineral a medida que aumento la sustitución, dado principalmente por la harina de zapallo, de la cual se obtuvo un porcentaje de cenizas del 8% en relación a las otras materias primas, en el caso de los azúcares totales (% almidón), el contenido del mismo en las mezclas estuvo influenciado por la cantidad presente en la sémola de trigo de la cual se obtuvo 67.21%, siendo la materia prima que más aporta este nutriente, por otra parte el contenido de grasa se mantuvo estable y sin marcadas diferencias al incrementar el nivel de sustitución, en el cuadro 33 se presentan algunos análisis realizados a cada materia prima.

Cuadro 33. Determinación parcial de nutrientes para las materias primas

<b>Componente*</b>	<b>Sémola</b>	<b>Frijol de palo</b>	<b>Zapallo</b>
Humedad (%)	14.00	11.90	8.97
Proteína (%)	11.20	18.22	8.10
Cenizas (%)	0.42	3.42	7.90
Azúcares Totales (%)	67.21	55.20	42.74

\* Corresponden al promedio de dos muestras analizadas

El tratamiento estadístico se realizó para los indicadores de proteína, grasa y almidones, para lo cual se planteó la hipótesis nula en que todas las medias del grupo o tratamiento son iguales contra la alternativa de que los miembros de, al menos, una pareja no son iguales siendo la hipótesis alterna.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \text{ o al menos uno es diferente.}$$

Para efectuar la prueba de hipótesis se eligió un error  $\alpha = 0.05$  lo cual significa que las pruebas tienen una confiabilidad o nivel de significancia del 95%.

El análisis de varianza de un solo factor para proteína permitió definir el promedio de cada uno de los grupos o tratamientos para los componentes nutricionales más importantes; para proteína se muestra en el cuadro 34.

Cuadro 34. Análisis de varianza de un solo factor para proteína

Tratamientos	Repet	Sumatoria	Promedio	Variancia	Desviación estándar	Coefficiente de variación
T0	5	58,712	11,742	0,092	0,304	2,586
T1	5	62,461	12,492	0,101	0,318	2,546
T2	5	65,553	13,111	0,018	0,133	1,015
T3	5	68,495	13,699	0,033	0,182	1,331
T4	5	71,258	14,252	0,020	0,142	1,000
Variabilidad	G. L.	S. C.	Media de S. C.	F	Probab.	Valor crítico de F
Entre grupos	4	19,4467	4,8616	91,8644	1,40791±12	2,8660
Dentro de los grupos	20	1,05845	0,0529			
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>20,5052</b>				

Se encontraron diferencias entre los tratamientos para T0 con un coeficiente de variación de 2.59% y bajos coeficientes de variación para los demás tratamientos; lo cual significa que los datos en ese grupo experimental (T0) varían respecto al promedio en ese mismo porcentaje.

En la figura 19 se presenta el porcentaje promedio de proteína según tratamiento

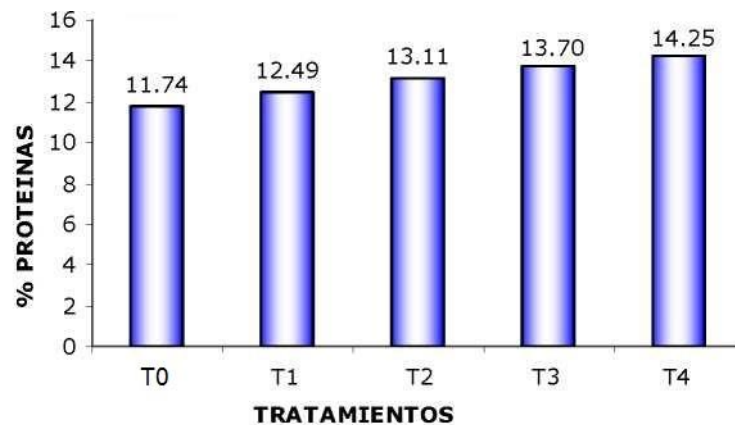


Figura 19. Porcentaje promedio de proteína según tratamiento

Como el valor de F (91.86) es mayor que el valor crítico para F (2.86) se rechaza la hipótesis nula, es decir se rechaza que  $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$  lo que significa que las medias de los tratamientos no son iguales, es decir hay diferencias en los promedios de cada tratamiento; aceptando la hipótesis alterna con lo cual se aplicó la prueba t-student P ( $T <= t$ ) dos colas.

Para tomar una decisión se comparó  $t$  Vs  $t_c$ ; si  $t > t_c$  se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, en el anexo 5 se encuentra las pruebas t-student para los tratamientos y en el cuadro 35 se presenta el consolidado de dichos resultados.

Al realizar la prueba t-student se demostró que todas las pruebas son diferentes entre sí; se realizó la prueba t-student de una cola donde la hipótesis nula se planteó para dos pares de medias no iguales contra la alternativa contraria.

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2 \text{ o lo que es lo mismo } H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2.$$



Para efectuar la prueba de hipótesis se eligió un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  la cual denota que las pruebas tienen una confiabilidad del 95%.

Cuadro 35. Valores de T,  $t_c$  y conclusiones según comparación entre tratamientos para proteína.

Comparación Tratamientos	Valor t	Tc	Conclusión
T0 Vs T1	-17.84918	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T0 Vs T2	-11.00497	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes
T0 Vs T3	-11.84863	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T0 Vs T4	-31.9282	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes
T1 Vs T2	-5.339255	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T1 Vs T3	-7.833362	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes
T1 Vs T4	-18.59984	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T2 Vs T3	-13.53557	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes
T2 Vs T4	-14.75061	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T3 Vs T4	-4.840134	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes

Para tomar una decisión se comparó  $t$  Vs  $t_c$  ; si  $t > t_c$  se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, en el cuadro 36 se presenta los resultados de la prueba t-student para una cola.

Concluyendo en consecuencia que  $T_0 < T_1 < T_2 < T_3 < T_4$ , es decir se concluye que no puede decirse que la proteína de T0 sea mayor que las demás pero a lo máximo puede ser igual.

Cuadro 36. Valores de T, tc y conclusiones según tipo de comparación de tratamientos para proteína

Comparación tratamientos	Valor t	Tc	Conclusión
T0 Vs T1	-17.84918	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T0 < T1
T0 Vs T2	-11.00497	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T0 < T2
T0 Vs T3	-11.84863	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T0 < T3
T0 Vs T4	-31.9282	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T0 < T4
T1 Vs T2	-5.339255	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T1 < T2
T1 Vs T3	-7.833362	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T1 < T3
T1 Vs T4	-18.59984	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T1 < T4
T2 Vs T3	-13.53557	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T2 < T3
T2 Vs T4	-14.75061	2.1318465	Se acepta la hipótesis, T2 < T4
T3 Vs T4	-4.840134	2.1318465	Se acepta la hipótesis,, T3 < T4

Cuadro 37. Análisis de varianza de un solo factor para grasa

Tratamientos	Repet	Sumatoria	Promedio	Variancia	Desviación estándar	Coefficiente de variación
T0	5	6,886632	1,377326	0,001453	0,038116	2,767365
T1	5	6,079418	1,215884	0,036998	0,192348	15,819633
T2	5	6,125935	1,225187	0,022310	0,149364	12,191147
T3	5	7,489932	1,497986	0,125987	0,354947	23,694942
T4	5	10,91101	2,182204	0,296802	0,544796	24,965381
Variabilidad	G. L.	S. C.	Media de S. C.	F	Probab.	Valor crítico de F
Entre grupos	4	3,1834941	0,7958735	8,229487	0,0004294	2,866081
Dentro de los grupos	20	1,9341997	0,09671			
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>5,1176938</b>				

En relación a la grasa, el promedio para cada uno de los grupos se presenta en el cuadro 37, para T0 fue 1.37%, con un coeficiente de variación de 2.76%, los demás presentan altos coeficientes de variación entre el 15.81% en T1 y 24.97% para T4.

En la figura 20 se presenta el porcentaje promedio de grasa según tratamiento.

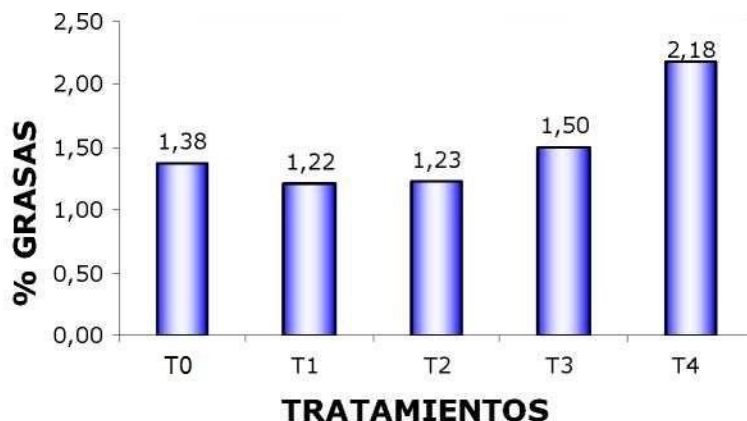


Figura 20. Porcentaje promedio de grasa según tratamiento

Como el valor de F (8.2294) es mayor que el valor crítico para F (2.8660) se rechaza la hipótesis nula, es decir se rechaza que  $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , lo que significa que las medias de los tratamientos no son iguales, es decir hay diferencias en los promedios de cada tratamiento.

El análisis de varianza llevó a la aceptación de la hipótesis alternativa, donde se planteó que las medias no eran iguales o al menos una no lo era, se propuso realizar una prueba de hipótesis para cada una de las parejas de medias de los tratamientos con un nivel de significancia del 95%, bajo la siguiente hipótesis:

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2 \text{ o lo que es lo mismo } H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2.$$

Los resultados para la prueba t-student se muestra en el cuadro 38, donde se acepta la hipótesis nula en los casos de T0 Vs T1, T0 Vs. T2, T0 Vs T3, T1 Vs T2 , T1 Vs T3, T2 Vs T3, siendo diferentes en los casos de T0 Vs

T4, T1 vs T4, T2 Vs T4 y T3 Vs T4. Concluyendo que el T4 es significativamente diferente a los demás.

Cuadro 38. Valores de T, tc y conclusiones según comparación entre tratamientos para grasa

Comparación tratamientos	Valor t	tc	Conclusión
T0 Vs T1	1.638881	2.7764509	Se acepta la hipótesis, son iguales.
T0 Vs T-2	2.2793927	2.7764509	Se acepta la hipótesis, son iguales
T0 Vs T3	-.0742204	2.7764509	Se acepta la hipótesis, son iguales
T0 Vs T4	-3.396691	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes
T1 Vs T2	-0.111968	2.7764509	Se acepta la hipótesis, son iguales
T1 Vs T3	-1.445623	2.7764509	Se acepta la hipótesis, son iguales
T1 Vs T4	-3.089972	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T2 Vs T3	-1.536069	2.7764509	Se acepta la hipótesis, son iguales
T2 Vs T4	-3.605460	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T3 Vs T4	-4.421844	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes

Para almidones el promedio para cada uno de los tratamientos se presenta en el cuadro 39, para T0 fue de 69.89%, con un coeficiente de variación de 3.17%.

Cuadro 39. Análisis de varianza de un solo factor para almidones

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
T0	5	349,4870	69,8974	4,9228	2,2187	3,1743
T1	5	322,5923	64,5185	0,5857	0,7653	1,1861
T2	5	326,0993	65,2199	3,6303	1,9053	2,9214
T3	5	329,9945	65,9989	1,2466	1,1165	1,6917
T4	5	303,7616	60,7523	2,5989	1,6121	2,6536

En la figura 21 se presenta el porcentaje promedio de almidón según tratamiento siendo el promedio general para todo el estudio (sin tener en cuenta T0), de un 64.12%. Los resultados para el t-student determinaron que el T1 Vs. T2 y T2 Vs. T3 son iguales; es decir que los únicos diferentes son T0 y T4.

Como el valor de F (20.6599) es mayor que el valor crítico para F (2.8660) se rechaza la hipótesis nula, es decir se rechaza que  $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , lo que significa que las medias de los tratamientos no son iguales, es decir hay diferencias en los promedios de cada tratamiento.

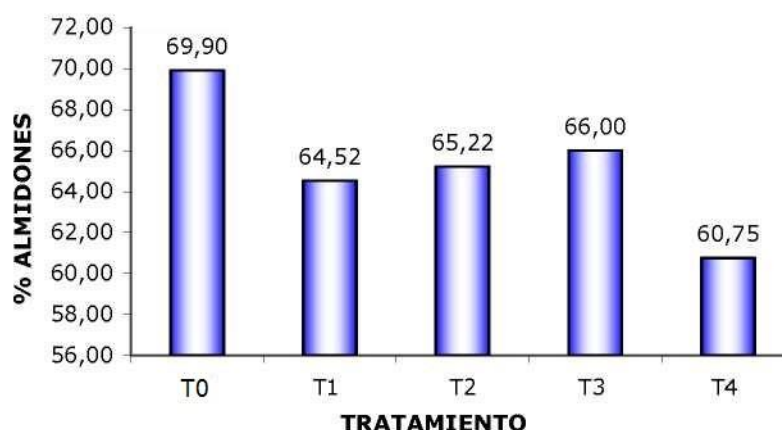


Figura 21. Porcentaje promedio de almidón según tratamientos

Como el análisis anterior llevó a la aceptación de la hipótesis alternativa, donde se planteó que las medias no eran iguales o al menos una no lo era, se propuso realizar una prueba de hipótesis para cada una de las parejas de medias de los tratamientos con un nivel de significancia de 95% y dos colas, los resultados se muestran en el cuadro 40 donde se acepta la hipótesis nula, T1 Vs T2, T2 Vs T3, es decir que los únicos diferentes son: T0 y T4.

Cuadro 40. Valores de T y t c y conclusiones según tipo de Comparación de Tratamientos en la evaluación de almidones.

Comparación	Valor t	tc	Conclusión
T0 Vs T1	6.6563128	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T0 Vs T2	8.2839253	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes
T0 Vs T3	5.956875	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T0 Vs T4	5.8080637	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes
T1 Vs T2	-1.308763	2.7764509	Se acepta la hipótesis, son iguales.
T1 Vs T3	-5.188464	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes
T1 Vs T4	3.7311279	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T2 Vs T3	-1.832331	2.7764509	Se acepta la hipótesis, son iguales
T2 Vs T4	3.0570375	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes.
T3 Vs T4	4.656317	2.7764509	Se rechaza la hipótesis, son diferentes

#### 4.2.3.4. Evaluación sensorial

Mediante el formato para la ejecución del panel sensorial (Anexo 1) se obtuvo el puntaje otorgado por los siete jueces en una escala de 0-10 para cada atributo y cada tratamiento, como se presenta en el cuadro 41.

En el cuadro 42 se presentan los resultados obtenidos del panel sensorial, estos corresponden al promedio de la valoración dada por los jueces a cada uno de los atributos y tratamientos.

Se obtuvieron puntajes muy bajos dentro de la escala de intensidad para cada atributo evaluado, sin embargo la muestra T0 tuvo el puntaje más alto, este fue disminuyendo para los demás tratamientos por lo cual el nivel de sustitución y la calidad en cocción influyó en las características sensoriales de las pastas siendo la sensación bucal y la superficie al tacto las que más afectaron dichos resultados.

Cuadro 41. Valoración por atributo establecida por el panel sensorial para cada tratamiento

Tratamiento del color							
T0	7,9	6,3	6,2	7	8,2	4,6	4,5
T1	6,7	5,9	3,3	6,1	7,5	3,4	4,3
T2	5,3	3,7	4,4	5,1	6	3,5	3
T3	2,9	3,7	5,6	3	3,1	2,8	3
T4	0,5	2,2	2,5	3	4,2	2,4	0,8
Tratamiento del olor							
T0	7,4	5,5	6,3	7	3,9	3,9	6,7
T1	6,2	5,2	3,3	7	6,6	3,7	4,9
T2	6	6,1	3,8	5,6	4,3	4,3	5,9
T3	5,1	4,4	5,2	2,6	3,3	4,3	4,9
T4	3,4	3,5	3,8	2,6	4,7	4,8	4,2
Tratamiento del sabor							
T0	7,3	5,2	5,9	6,7	7	3,2	5,9
T1	6,5	4,6	2,9	2,7	6,2	3,2	5,9
T2	5,8	3,4	3,5	1,4	6,2	3,2	5,9
T3	4,1	4,6	1,4	5,5	5,5	3,9	4,9
T4	5	3	3,9	1,4	4,2	3,5	4
Tratamiento de la sensación bucal							
T0	2,6	5,8	5,7	3	7	4,3	6,9
T1	3,1	5,1	3,2	3	3,5	3,1	6,9
T2	3,6	4,4	4,2	1,3	2,1	3,1	5,2
T3	1,9	3	4,8	1,3	4,4	3,1	5,2
T4	7,5	3,8	6,6	1,3	2,7	3,1	5,9
Tratamiento de la superficie al tacto							
T0	0,9	4,8	5,7	1,4	5,1	1,9	6,1
T1	1,6	3,8	3,2	1,4	4,5	2,5	6,1
T2	5,3	2,6	4	1,4	2,8	2,5	2,5
T3	3,7	3,1	4,7	0,5	3	2,5	2,5
T4	6,3	2,2	6,7	0,5	2	2,5	7

La figura 22 permite observar que el color en la pasta del tratamiento T0 y T1 sobresalió, dentro de la escala de intensidad se encontró cercana al amarillo brillante, mientras que para los tratamientos T3 y T4 se encontró al extremo de dicha escala en café-rojizo, tales resultados se vieron influenciados por la granulometría de la mezcla en especial de la harina de frijol de palo, la cual no permitió una coloración adecuada para estas pastas una vez sometidas a cocción teniendo en cuenta la inclusión de la harina de zapallo como agente de pigmentación.

Cuadro 42. Resultados del panel sensorial

Tratamiento	Atributos					Puntaje**
	Color	Olor	Sabor	Sensación bucal	Superficie al tacto	
T0	6,4	5,8	5,9	5,0	3,7	26,8
T1	5,3	5,3	4,6	4,0	3,3	22,4
T2	4,4	5,1	4,2	3,4	3,0	20,2
T3	3,4	4,3	4,3	3,4	2,9	18,2
T4	2,2	3,9	3,6	4,4	3,9	18,0
Puntaje*	21,8	24,3	22,5	20,2	16,8	

\*Por atributo

\*\*Por tratamiento

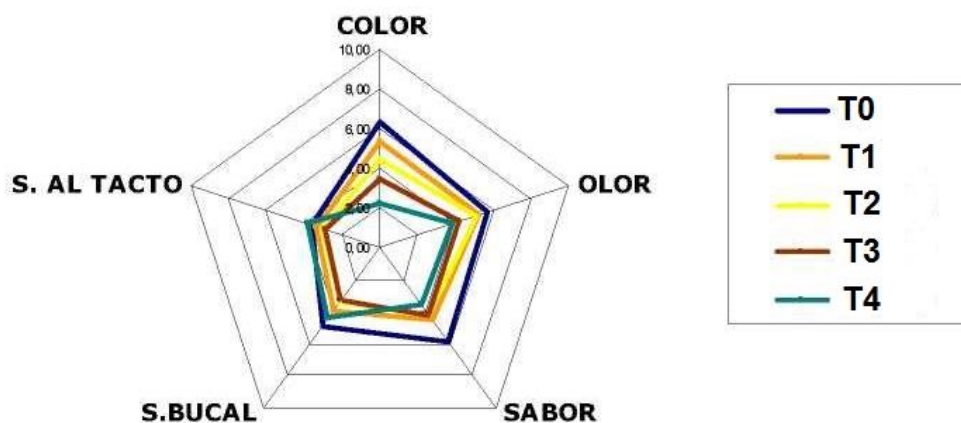


Figura 22. Diagrama radial para los resultados del panel sensorial



Las pastas para los tratamientos T0 y T1 presentaron olor y sabor característico para el panel sensorial, mientras que la valoración de este atributo para T2 a T4 se encuentra hacia lo que los jueces denominaron rancio o viejo. La valoración obtenida para la sensación bucal fue baja para todas las pastas, fueron denominadas hacia el extremo de la escala como blandas. De acuerdo con la evaluación del atributo superficie al tacto las pastas resultaron no ser pegajosas y no ser lisas y sueltas exhibiendo una característica en término medio, debiendo ser la característica deseable de las pastas la cual es ser lisa y suelta.

El análisis de varianza aplicado a cada uno de los atributos presentó los siguientes resultados, en el cuadro 43 se presenta dicho análisis para el atributo color.

Cuadro 43. Análisis de varianza de un solo factor para color

Tratamientos	Repet	Sumatoria	Promedio	Variancia	Desviación estándar	Coefficiente de variación
T0	7	44,7	6,4	2,1247619	1,45765631	22,8268325
T1	7	37,2	5,3	2,7347619	1,65371155	31,1182281
T2	7	31	4,4	1,1857143	1,08890509	24,5881793
T3	7	24,1	3,4	0,9895238	0,99474811	28,8930987
T4	7	15,6	2,2	1,602381	1,26585187	56,8010453
Variabilidad	G. L.	S. C.	Media de S. C.	F	Probab.	Valor crítico de F
Entre grupos	4	72,821142	18,205285	10,53895	1,8722E-05	2,6896316
Dentro de los grupos	30	51,822857	1,727428			
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>124,644</b>				

Como el valor de F es mayor que el Valor crítico para F se rechaza

la Hipótesis nula, por lo tanto se rechaza que  $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , lo que significa que las medias de los tratamientos no son iguales, es decir que hay diferencias en los promedios de cada tratamiento.

El consolidado de la prueba t-student P ( $T \leq t$ ) dos colas se presentan en cuadro 44; los t-student para medias de dos muestras emparejadas se presentan en el anexo 6.

Cuadro 44. Valores de T, Tc y conclusiones según tipo de comparación para los Tratamientos en la evaluación del atributo color.

<b>Comparación Tratamientos</b>	<b>Valor t</b>	<b>Tc</b>	<b>Conclusión</b>
T0 Vs T1	3,18452915	2,446913641	Se rechaza la hipótesis nula, son diferentes
T0 Vs T2	9,3073172	2,446913641	Se rechaza la hipótesis nula, son diferentes
T0 Vs T3	4,3757216	2,446913641	Se rechaza la hipótesis nula, son diferentes
T0 Vs T4	6,999022	2,446913641	Se rechaza la hipótesis nula, son diferentes
T1 Vs T2	2,100388	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T1 Vs T3	2,1756915	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T1 Vs T4	4,486390	2,446913641	Se rechaza la hipótesis nula, son diferentes
T2 Vs T3	1,725359	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T2 Vs T4	4,828243	2,446913641	Se rechaza la hipótesis nula, son diferentes
T3 Vs T4	2,1411190	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales

Los resultados de la prueba t-student permitieron aceptar la hipótesis nula para T1 Vs T2; T1 Vs T3; T2 VS T3; T3 VS T4, es decir que los únicos diferentes son T0 y T1.

En el cuadro 45 se presenta los resultados del análisis de varianza obtenidos para el atributo olor.

Cuadro 45. Análisis de varianza de un solo factor para olor

Tratamientos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
T0	7	40,7	5,8	2,06142857	1,43576759	24,69379147
T1	7	36,9	5,3	2,01904762	1,420931954	26,95534873
T2	7	36	5,1	0,94285714	0,971008312	18,88071719
T3	7	29,8	4,3	0,94952381	0,974435123	22,88941565
T4	7	27	3,9	0,60619048	0,77858235	20,18546834

Origen de las variaciones	S. C.	G. L.	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	17,70114	4	4,4252857	3,363	0,02178	2,689
Dentro de los	39,47428	30	1,3158095			
TOTAL	57,17542	34				

Como el valor de F es mayor que el valor crítico para F se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto se rechaza que  $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , lo que significa que las medias de los tratamientos no son iguales, es decir que hay diferencias en los promedios de cada tratamiento; los resultados de la prueba t-student p ( $T \leq t$ ) dos colas se presentan en el cuadro 46.

El análisis estadístico para la percepción del olor determinó mediante el t-student diferencias significativas entre las muestras T0 Vs T3 y T0 Vs T4, presentando un olor característico para T0 y T1, para las demás a rancio.

Cuadro 46. Valores de t, tc y conclusiones según tipo de comparación para los tratamientos en la evaluación del atributo olor.

<b>Comparación Tratamientos</b>	<b>Valor t</b>	<b>Tc</b>	<b>Conclusión</b>
T0 Vs T1	0,8063235	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T0 Vs T2	1,5072673	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T0 Vs T3	2,7109172	2,446913641	Se rechaza la hipótesis nula, son diferentes
T0 Vs T4	2,4640394	2,446913641	Se rechaza la hipótesis nula, son diferentes
T1 Vs T2	0,2690065	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T1 Vs T3	1,2234108	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T1 Vs T4	1,9699136	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T2 Vs T3	1,7175899	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T2 Vs T4	2,2074122	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales
T3 Vs T 4	0,9634193	2,446913641	Se acepta la hipótesis nula, son iguales

De acuerdo a la metodología planteada (cuadro 14) para el manejo estadístico de los datos y teniendo en cuenta la formulación de hipótesis para el análisis de varianza de un solo factor se encontró aceptación de la hipótesis nula para sabor, sensación bucal y superficie al tacto, es decir que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de dichas valoraciones para de cada uno de los tratamientos; por lo tanto, sin importar el nivel de sustitución en todas las pastas se presentó un sabor característico (a masa), la sensación bucal blanda y la superficie al tacto pegajosas, los cuadros 47, 48, 49 representan los análisis de varianza para estos atributos.

Cuadro 47. Análisis de varianza de un solo factor para sabor

Tratamientos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
T0	7	41,2	5,9	1,9314285	1,38975846	32,81553398
T1	7	32	4,6	2,7190476	1,64895349	59,47916667
T2	7	29,4	4,2	3,2366666	1,79907384	77,06349206
T3	7	29,9	4,3	1,9890476	1,410336	46,56633222
T4	7	25	3,6	1,2957142	1,13829446	36,28

Origen de las variaciones	S. C.	G. L.	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	20,508571	4	5,127142857	2,29465	0,08234834	2,689631629
Dentro de los grupos	67,031428	30	2,234380952			
Total	87,54	34				

Sin embargo esto no se presentó para los atributos como el color y el olor donde se rechazó la hipótesis nula para T2, T3 y T4, es decir, que existieron diferencias significativas entre los tratamientos; mediante la prueba t-student realizada, los resultados indicaron que a altos niveles de sustitución inciden en la percepción del color, ya que existieron diferencias de la pasta T0 con relación a los demás tratamientos siendo esta la que mejor puntaje presento en relación a las restantes , lo mismo sucedió con la pasta T1 y T2 con relación a T4 el color se percibió diferente entre los tratamientos mencionados; para los tratamientos con sustituciones cercanas como es el caso de T1 y T2, se percibió igual.

Como el valor de F es menor que el Valor crítico para F se acepta la hipótesis nula, por lo tanto se acepta que  $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , lo que significa que las medias de los tratamientos son iguales, es decir que no hay diferencias en los promedios de cada tratamiento.

Cuadro 48. Análisis de varianza de un solo factor para sensación bucal

Tratamientos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
PSE	7	35,3	5,0	3,16285714	1,77844234	56,22898082
TS – 1	7	27,9	4,0	2,18809524	1,47922116	67,6031433
TS – 2	7	23,9	3,4	1,85142857	1,3606721	73,49309197
TS – 3	7	23,7	3,4	2,1847619	1,47809401	67,65469535
TS – 4	7	30,9	4,4	5,20809524	2,28212516	43,81880618
Origen de las Variaciones	S. C.	G. L.	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	13,776	4	3,444	1,17983	0,3395985	2,689631629
Dentro de los grupos	87,57143	30	2,919047619			
Total	101,3474	34				

Como el valor de F es menor que el Valor crítico para F se acepta la hipótesis nula, por lo tanto se acepta que  $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , lo que significa que las medias de los tratamientos son iguales, es decir que no hay diferencias en los promedios de cada tratamiento.

Como el valor de F es menor que el Valor crítico para F se acepta la hipótesis nula, por lo tanto se acepta que  $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , lo que significa que las medias de los tratamientos son iguales, es decir que no hay diferencias significativas en los promedios de cada tratamiento.

Cuadro 49. Análisis de varianza de un solo factor para superficie al tacto

Tratamientos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
PSE	7	25,9	3,7	4,8833333	2,209826539	45,2524206
TS – i	7	23,1	3,3	2,78	1,6673332	59,97601439
TS – 2	7	21,1	3,014285714	1,5914286	1,26151836	79,26955581
TS – 3	7	20	2,857142857	1,6661905	1,290810008	77,47073496
TS – 4	7	27,2	3,885714286	7,2047619	2,684168755	37,25548173
Origen de las variaciones	S. C.	G. L.	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	5,3731428	4	1,343285714	0,3705	0,827705	2,689631629
Dentro de los grupos	108,75428	30	3,625142857			
Total	114,12742	34				

Concluyendo según las operaciones unitarias estudiadas, la calidad de la cocción, las características fisicoquímicas (proteína, grasa y almidón) y la evaluación sensorial (sabor, olor color, sensación bucal y superficie al tacto) de las pastas experimentadas se puede decir que el que más se asemeja al testigo es el tratamiento T1 que corresponde a 82,5% de sémola de trigo, 10% de harina de frijol de palo y 7,5 % de harina de zapallo, seguido muy de cerca del tratamiento T2 que corresponde a 72,5% de sémola de trigo, 20% de harina de frijol de palo y 7,5 % de harina de zapallo, pero teniendo en cuenta la calidad del producto solo consideraremos el tratamiento T1.

### **4.3. Proceso Productivo para elaborar pastas alimenticias**

Concluido las pruebas preliminares y definitivas se pudo determinar el proceso productivo el cual lo detallamos en la descripción y el flujograma definitivo de la figura 23.

#### **4.3.1. Descripción del proceso productivo**

Las etapas del proceso se describen a continuación

##### **4.3.1.1. Acopiado**

Consistió en el control de las harinas, se verificó el peso, color de harina y buen estado del envase que la contiene (saco). La harina debe ser de óptima calidad, no debe tener ninguna alteración o contaminación, debe ser de trigo duro, importante para garantizar la calidad del producto final. Las harinas de frijol de palo y de zapallo fueron elaborados tal como lo describimos en la pruebas preliminares.

##### **4.3.1.2. Pesado**

Se pesaron los materiales en una balanza que nos dio lecturas en gramos. Los aditivos que se agregaron se pesaron en una balanza con aproximaciones de gramos, o fracciones de gramos. Este tipo de control se recomienda hacerlo utilizando una balanza analítica.

En el cuadro 50 se tiene la formulación óptima determinado en las pruebas definitivas, donde se estableció que el mejor tratamiento era el T1.



Cuadro 50. Formulación óptima para elaborar pasta alimenticia con harina de frijol de palo y harina de zapallo.

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Masa (gramos)</b>
Sémola de Trigo	82,50*	655,87
Harina de frijol de palo	10,00*	79,50
Harina de zapallo	7,50*	59,63
Huevo	15,84**	190,08
Aceite	1,54**	18,48
Sal	0,53**	6,36
Agua	15,84**	190,08

(\*) La sumatoria de las harinas constituye el 100%; (\*\*) Porcentaje en base al 100% de las harinas

#### **4.3.1.3. Mezclado**

Los ingredientes se mezclaron en la mezcladora. Una buena mezcla dio resultados homogéneos, facilitando de esta manera las operaciones subsiguientes. Se mezcló primeramente las harinas y luego se agregó el huevo y el aceite para facilitar la emulsión, para finalmente agregar la sal y el agua.

#### **4.3.1.4. Amasado**

El amasado se realizó con la adición de la cantidad de agua prevista en la formulación del cuadro 52; permitió obtener una mezcla homogénea es decir este proceso sirvió para hacer más homogénea la mezcla de los gránulos que se forman entre la harina y el agua con una humedad promedio de 30,23%, se trabaja a temperatura de 26°C. Esta etapa es importante para llegar a tener la mejor y homogénea humectación de los materiales e ingredientes que dará uniformidad y manejabilidad al producto en proceso. El amasado, duró u tiempo de alrededor de 10 a 15 minutos.

#### **4.3.1.5. Laminado o extruido**

Se realizó en una máquina laminadora cuando fabricamos fideos laminados. Los fideos con formas se fabricaron en un extrusor para pastas, en la cual se obtuvieron diferentes formas como: lazo, margarita, macarrones, etc., se trabajó a una temperatura de 36°C en un tiempo de 16,90 minutos

La laminación consistió en pasar y enrollar varias veces la masa a través de dos cilindros lisos, que se acercan el uno al otro a cada pasada con una determinada medida.

Se obtuvo así, una lámina de color uniforme, pulida y perfectamente homogénea. El tiempo de laminado dependió del porcentaje de sustitución, en nuestro caso la sustitución casi llega al es 17,5 próximo a 20% de sustitución de harina de trigo con las harinas de frijol de palo y zapallo, se necesitaría un tiempo de 15 minutos, pero experimentalmente fue de 16,90 minutos, que no está distante de los valores que indica los antecedentes que también recomiendan para mezclas al 30% de sustitución un tiempo de 17 minutos y para mezclas con el 40% unos 20 minutos

#### **4.3.1.6. Moldeado o trefilado**

La pasta laminada se introduce en los dos cilindros de la trefiladora para darle forma de cintas tan largas como lo permita la cantidad o volumen de material o partida de producto que se esté trabajando. Se cortaron de trecho en trecho de tal forma que se pudo enrollar o envasarlos con la longitud más adecuada. Esta formación con la misma longitud y grosor se la denomina "tallarines".

A la pasta que salía del trefilador se dio varias formas de carácter atractivo antes de enviarla al secador.

La pasta también se pasó por extrusión, que consistió en forzar la masa a través de moldes con agujeros de varios diseños para darle forma a la pasta.

La pasta comercial se fabrica de esta manera. Las máquinas de extrusión producen un flujo continuo de pasta que tiene que cortarse a la longitud necesaria al emerger de la máquina. La masa para extrusión tiene que ser más suave que la masa para máquinas de rodillos para reducir la fricción y evitar que las máquinas se sobrecalienten.

#### **4.3.1.7. Presecado**

Consistió en hacerlo con aire caliente (40-60°C) sobre las pastas, con una humedad relativa del aire del 40 a 45% en un secador de bandejas, para que el producto pueda llegar hasta un 17-18% de humedad en 16,90 minutos.

Posterior al presecado el material se dejó reposar durante 1-2 horas para lograr una distribución uniforme de la humedad y el producto tenga mejor consistencia.

#### **4.3.1.8. Secado**

Se realizó a 60°C, con un tiempo total de 2,5 horas, con esta se logró disminuir el contenido de humedad hasta el 12%.

El secado se hizo en una cabina de secado donde dispuso colgadores para colocar las pastas adecuadas para esta operación. El objetivo es disminuir el contenido de humedad del producto hasta llegar al 12 o 13%; humedad que permite a los fideos conservarse por tiempos prolongados en el almacenamiento.

Las pastas alimenticias se caracterizan por ser higroscópica y meteoroscópica, es decir son sensibles a las más pequeñas variaciones atmosférica y meteorológicas. El deficiente proceso de secado conllevaría a una fermentación de la pasta. Si el secado fuera muy lento, o muy rápido, se producen microfisuras en las láminas de masa, lo que puede conducir a la rotura de la pasta.

El proceso de secado se realizó en un sistema de ventilación forzada para distribuir el aire caliente uniformemente en toda la pasta; la temperatura óptima de secado fue de 40-60°C.

#### **4.3.1.9. Enfriamiento**

Una vez retirado el producto del secador, se enfrió en un lugar seco y fresco hasta temperatura ambiente. El tiempo empleado para esta fase varía según las condiciones climáticas, pero en general, se puede emplear 2-3 horas.

#### **4.3.1.10. Empacado**

El producto se colocó en fundas de material plástico polipropileno o celofán. La presentación de cada envase, se hizo con un contenido de 300 y

500 gramos. Luego se sellaron las fundas para asegurar que el aire del ambiente no ingrese al envase, y así conseguir una buena conservación e higiene durante su almacenamiento.

#### **4.3.1.11. Almacenado**

El producto se almacenó en lugar seco, bien ventilado que garanticen una buena circulación de aire. Recomendando en el futuro en caso de almacenamiento para comercialización un apilamiento de 1 metro máximo de altura.

#### **4.3.2. Flujograma definitivo**

En la figura 23 se tiene el flujograma definitivo para elaborar pasta alimenticia utilizando harina de frijol de palo y harina de zapallo.

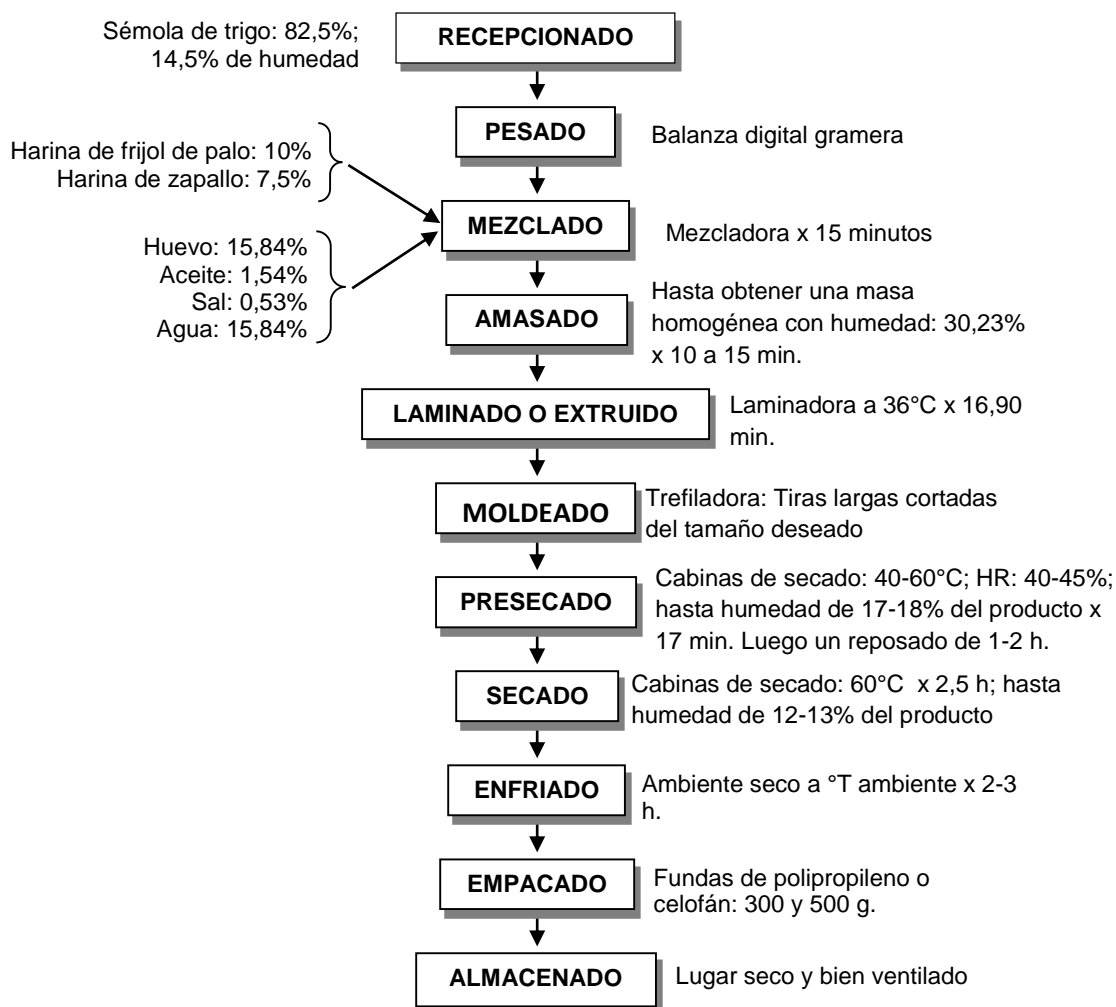


Figura 23. Flujograma definitivo para elaborar pasta alimenticia con harina de frijol de palo y harina de zapallo.

#### 4.3.3. Balance de materia y rendimiento

En la figura 24 y el cuadro 51 se tienen el balance de materia y rendimientos de la pasta alimenticia elaborada con harina de frijol de palo y harina de zapallo, donde se observa un rendimiento de 90,74, que constituye un producto muy rentable.

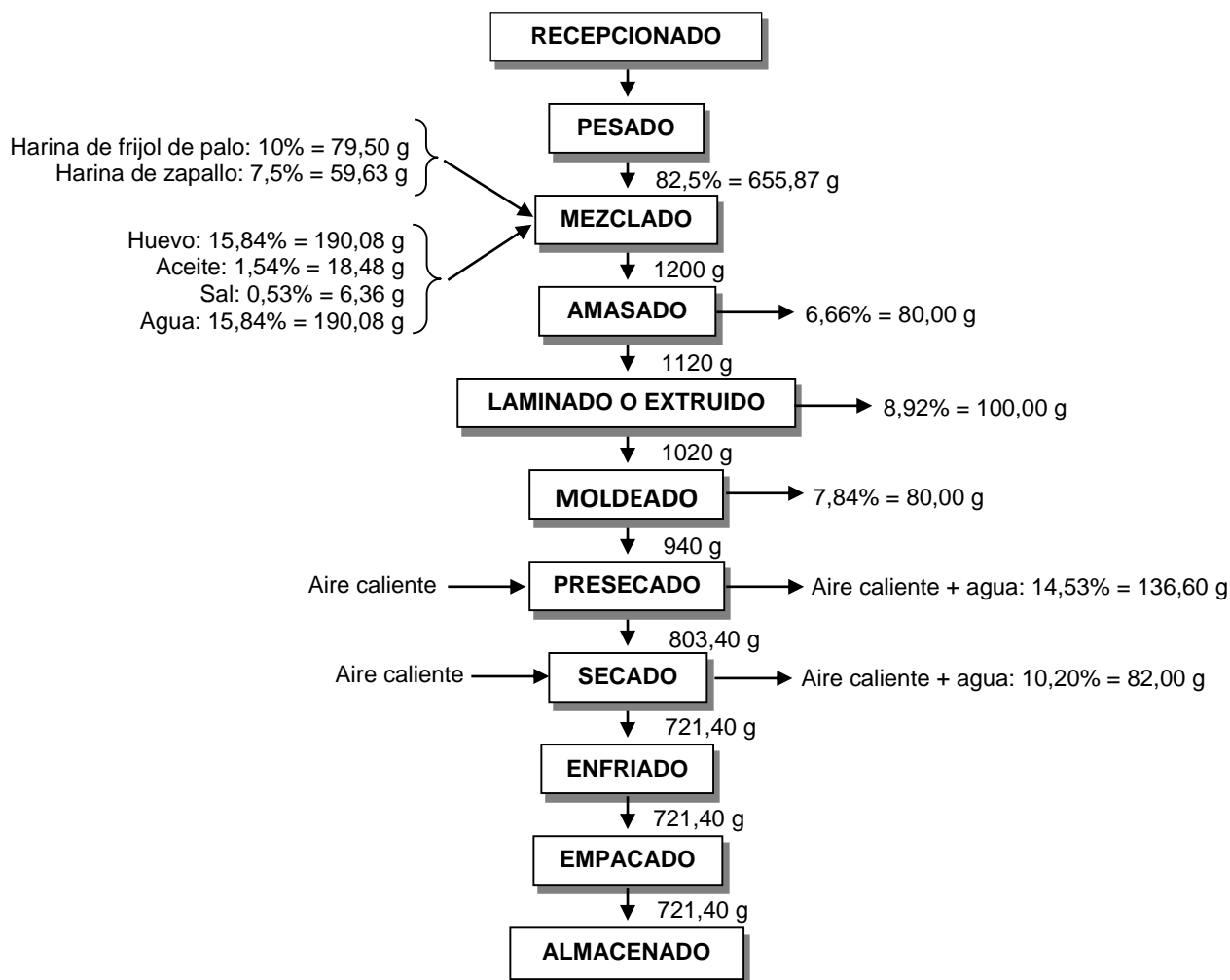


Figura 24. Balance de materia para la elaboración de pasta alimenticia con harina de frijol de palo y harina de zapallo.

Cuadro 51. Balance de materia del proceso de elaboración de fideos con harina de frijol de palo y harina de zapallo.

Operaciones	Entra	Pierde	Continua	Rendimiento %	
	G	G	g	Operación	Proceso
<b>Recepcionado</b>	655,87		655,87		
<b>Pesado</b>	655,87		795,87*	100,00*	100,00*
<b>Mezclado</b>	795,00		1200,00	150,94	150,94
<b>Amasado</b>	1200,00	80,00	1120,00	93,33	140,88
<b>Laminado o extruido</b>	1120,00	100,00	1020,00	91,07	128,30
<b>Moldeado</b>	1020,00	80,00	940,00	92,15	118,23
<b>Presecado</b>	940,00	136,60	803,40	85,46	101,05
<b>Secado</b>	803,40	82,00	721,40	89,79	90,74
<b>Enfriado</b>	721,40		721,40	100,00	90,74
<b>Empacado</b>	721,40		721,40	100,00	90,74
<b>Almacenado</b>	721,40		721,40	100,00	<b>90,74</b>

#### 4.4. Caracterización fisicoquímica del producto

Teniendo en cuenta los resultados encontrados para los diferentes tratamientos respecto a los indicadores obtenidos de propiedades viscoelásticas de la masa, calidad en cocción y valoración otorgada por el panel sensorial, el fideo que mejor se comportó bajo los parámetros mencionados fue T0 y T1, en el cuadro 54 se presenta el análisis proximal para dichos tratamientos.



Cuadro 52. Composición de los fideos por 1000 g de producto

Componente		Pasta		
		Comercial	T0	T1
Humedad	(%)	10.4	12	10.8
Cenizas	(%)	0.7	3.2	2.6
Proteínas	(g)	12.5	12.0	12.2
Grasas	(g)	1.2	2.3	2.1
Carbohidratos	(g)	75.2	62.2	55.7
Vitamina A*	(RAE)	0		298.0

\*Valor dado en referencia a la mezcla de harinas. Fuente: Autores

El cuadro 54 muestra que el porcentaje de proteína obtenido para los fideos se reportó dentro de la norma NTC-1055, sin embargo no supero el valor para un fideo comercial, por otra parte se resalta un incremento de minerales y grasa y una disminución de carbohidratos, además de presentar un valor agregado de carotenoides totales como posibles precursores de provitamina A en 298 RAE (equivalentes de retinol activo).

## V. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis e interpretación de los resultados en esta investigación, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Se desarrolló una formulación adecuada para un fideo enriquecido mediante la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de frijol de palo incrementando el aporte proteico de este alimento, además se pigmentó con carotenoides de origen natural mediante la inclusión de harina de zapallo en la formulación que es como sigue: sémola de trigo (82,50%) 655,87 g; harina de frijol de palo (10,00%) 79,50 g; harina de zapallo (7,50%) 59,63 g; huevo (15,84%) 190,08 g; aceite (1,54%) 18,48 g; sal (0,53%) 6,36 g; agua (15,84%) 190,08 g.
- La caracterización granulométrica realizada para harinas de frijol de palo y zapallo permitió establecer rendimientos de molienda para el frijol de palo de 81.82% mediante combinación de cribas con luz de malla 1.2 y 0.5 mm; para el zapallo se obtuvieron rendimientos del 72.42% con luz de malla 2.0 y 0.5 mm, logrando mayor retención de material con diámetros de partícula en el rango 125 $\mu$ m – 63  $\mu$ m que corresponden a un 80%.
- Desde el punto de vista nutricional se presentó un incremento gradual en el aporte proteico debido a la inclusión de harina de frijol de palo, logrando un incremento proteico sobre el contenido basal de la sémola

de trigo desde un del 6.4% para T1, hasta un 21.4% para T4, por lo cual se da una nueva alternativa de la utilización del grano de frijol de palo y cuya harina sea sustituto parcial de la sémola de trigo en la elaboración de fideos.

- Establecimos el proceso productivo definitivo mediante las siguientes operaciones: recepcionado, pesado, mezclado, amasado, laminado o extruido, moldeado, presecado, secado, enfriado, empacado y almacenado. Teniendo un rendimiento final de 90,74
- Bajo las pruebas de calidad realizadas se puede concluir que la pasta que mejor comportamiento tuvo fue la T0 seguida de la T1 puesto que a mayores niveles de sustitución se obtuvieron altos niveles de sedimentación, factor influenciado al remover adversamente la proteína funcional o gluten relacionado con la desproporcionalidad entre tenacidad y extensibilidad. Por otro lado el panel sensorial permitió evaluar la calidad del producto elaborado bajo los atributos que normalmente se aplican para la industria alimentaria, las características que sobresalieron del fideo (T1) fue color y olor, pero en general la valoración obtenida para todos los tratamientos fue superior al término medio debido a que la textura del producto, la sensación bucal y el sabor estuvo por encima de no gusta ni disgusta pero por debajo del testigo por lo tanto presenta características de calidad que satisfacen el gusto del consumidor.
- Al realizar el análisis proximal para la pasta definitiva (T1) se obtuvo un nivel de proteína de 12,2 por encima del testigo y menor de fideo

comercial; presentó un incremento en el contenido de minerales, carbohidratos y grasa además de presentar un valor agregado de carotenoides totales como posibles precursores de provitamina A.

## VI. RECOMENDACIONES

La presente investigación permite establecer las siguientes recomendaciones:

- se recomienda llevar a cabo la operación por etapas; en especial cuando hay que mezclar cantidades muy pequeñas de un componente con grandes cantidades de otros, logrando así que las proporciones no sean muy diferentes en cada etapa y se tenga un mejor control del proceso de uniformidad de mezcla.
- Se recomienda realizar una cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con el fin de determinar la cantidad de  $\alpha$  y  $\beta$ -caroteno presente en la pasta y las pérdidas de estos en el agua de cocción.
- Para la ejecución de posteriores proyectos se recomienda acondicionar el grano con el fin de ablandar la testa permitiendo mayor facilidad de su separación con los cotiledones y la obtención de un máximo rendimiento en molienda realizando previamente una precocción.
- Por otra parte se sugiere realizar un estudio que permita cuantificar la pérdida de nutrientes en la cocción del alimento principalmente proteína, almidón y  $\beta$ -caroteno,

## VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ANDERSON, P. 2001. La situación futura de los alimentos en el mundo y el papel de las enfermedades de los cultivos. Washington. USA. Disponible en: <http://apsnet.org/education/feature/FoodSecurity/Top.htm>.
- AOAC. 1995. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of analysis of AOAC internacional 16th edition Vol II. Arlington, Virginia 1995.
- AOAC. 2002. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of analysis of AOAC internacional 17th edition. Publicacion electronica 2002.
- ARIAS S.L Y RIVERA A.E. 2011. Determinación de las posibilidades de Utilización de Tubérculos Autóctonos Colombianos en la Elaboración de Pastas Alimenticias Frescas. Disponible en Internet: [http //200.13.2Q2.26.90/pronatta/proyectos/pdf/public/981411033p12.doc](http://200.13.2Q2.26.90/pronatta/proyectos/pdf/public/981411033p12.doc).
- ASOCIACIÓN Colombiana de Ciencia y Tecnología de alimentos. 2004. Reología y textura en la industria de alimentos. Jornada de actualización. Bogotá.
- CALAVERAS, J. 1996 Tratado de panificación y bollería, Madrid, España.
- CUBADDA. 1989 R. Current research and future needs in durum wheat chemistry and technology. Cereal foods work. Vol. 34. No. 2.
- DESROSIER, 2000 N. W. Conservación de alimentos. México. Editorial Continental.
- El cultivo de la Ahuyama. 1989. En Esso Agrícola, Vol. 36 No 1. Abril.

- ELIAS, Luís. 2007. Concepto y Tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas.
- GONZÁLEZ C. R. J.; IBAÑEZ D. M. M. 2010. Evaluación de la composición fisicoquímica y sensorial de pastas tipo “FETTUCINE” elaboradas con harina compuesta de guapo y de trigo. Trabajo de grado presentado ante la universidad de oriente como requisito parcial para optar al título de: ingeniero químico. Universidad De Oriente Núcleo De Anzoátegui, Escuela De Ingeniería Y Ciencias Aplicadas, Departamento De Ingeniería Química. Barcelona España.
- GORIS, D Y VAN DER WEL, P. 2003. Pick the Right Solids Mixer. En: Chemical Engineering. Vol. 110. No.3. 39-46 p.
- GUERRA, Rosaura. 2013. Extrusión, una nueva tecnología aplicada al procesamiento de Maíz Normal y Opaco-2. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. México.
- GUZMÁN, P. J.E. 2001. Ahuyama y Pepino En: Patilla y Melón.
- HOSENEY, R. C. 2003. Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Acriba, España.
- IBARZ, R A. et al. 2000. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Acriba. Zaragoza, España.
- Industrialización de la yuca. Disponible en:  
[www.mercanet.cnp.go.cr/Desarrollo Agroid/documentospdf/yuca FTP.pdf](http://www.mercanet.cnp.go.cr/Desarrollo%20Agroid/documentospdf/yuca%20FTP.pdf).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. 2000. Recomendación diaria de calorías y nutrientes para la población Colombiana. Septiembre.

- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS. IIT. 2002. Industria de Pastas Alimenticias. Bogotá, Septiembre
- KENT, N.L. 1987. Tecnología de los Cereales. España: Editorial Acribia.
- KRUGER. E. JAMES et al. 1996. Pasta and Noodle Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minenesota, U.SA.
- MINISTERIO DE SALUD. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. Plan Nacional de alimentación y nutrición 1996-2005.
- MINISTERIO DE SALUD. Fabricación, empaque y comercialización de Pastas Alimenticias. Resolución No. 4393 de 1991.
- MONCADA, F. 1993. Características de Harinas Compuestas. IIT. Bogotá.
- MORA G. A. C. 2012. Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua. Trabajo de Tesis para optar al título de: Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, SEDE MEDELLÍN.
- NOGARA, S. 2001. Elaboración de Pastas Alimenticias. Barcelona: Editorial Sintesis. 3ra Edición.
- Norma Técnica Colombiana. 1996. NTC-420. Sémola de Trigo. 1996.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION - FAO. 1996 Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaría mundial y plan de acción de la Cumbre Mundial Sobre La Alimentación 13 - 17 de Noviembre 1996. Roma, Italia.



- OTHON, L. 1996. Química, Almacenamiento e industrialización de los cereales.
- PERRY. 1992. Manual del Ingeniero Químico. Vol. V. 3ª edición. Mc Graw Hill.
- QUAGLIA. 1996. Ciencia y Tecnología de la panificación. Acribia. España.
- QUISPE, D. 2003. Elaboración de Fideos a partir de harina de quinua como sustituto parcial de la harina de trigo. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Puno, Perú.
- RICAURTE, L., y POLANIA, T. 1996. Utilización de la harina de Quinua (*Chenopodium quinoa wild*) en la elaboración de pastas alimenticias. Tesis. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Bogotá.
- RODRÍGUEZ S., FRANCISCO et al. 2002. Ingeniería de la Industria Alimentaria. Vol. II Operaciones de Procesado de Alimentos. Síntesis. España.
- VÉLEZ ZAPE, J.C. 1996. Utilización agroindustrial del Guandul. En: Guandul sale del anonimato.
- OLMO. M. Las Proteínas. Disponible en:  
[www.enbuenasmanos.com/ARTICULOS/muestra.asp?art=546](http://www.enbuenasmanos.com/ARTICULOS/muestra.asp?art=546)
- ZAPATA, L. E. 1980. Investigación y Desarrollo en Extrusión de Alimentos en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, en Bogotá, Colombia. En: Revista del Instituto de Investigaciones Tecnológicas. IIT. No.123. Vol. 22. Enero/Febrero.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Formato para el panel sensorial

Nombre:.....Fecha: .....

Pruebe cada una de las muestras de pasta con código usando la escala que se presenta y marque con una pequeña raya vertical en donde corresponda la intensidad de cada atributo. Escriba encima de la raya el código de la muestra respectiva.

**Color**

Café rojiza

Amarillo brillante

**Olor**

Rancio

Característico

**Sabor**

Rancio

Característico

**Sensación bucal**

Dura-blanda

Firme

**Superficie al tacto**

Pegajosa

Lisa-suelta

## Anexo 2. Condiciones de operación en la deshidratación de zapallo

T	TE	TS	HE	HS	P	FA	t	TE	TS	HE	HS	P	FA
0,08	30,73	23,05	64,18	73,58	4,02	6,38	3,33	79,97	72,77	18,10	22,75	1,36	3,44
0,17	63,28	45,85	31,40	84,90	4,01	6,12	3,42	79,95	73,00	17,63	22,15	1,31	3,49
0,25	78,18	60,63	21,48	56,42	3,99	4,78	3,50	79,97	73,23	17,17	21,48	1,27	3,48
0,33	79,84	64,96	21,18	43,66	3,94	4,36	3,58	79,95	73,47	16,73	20,88	1,23	3,35
0,42	80,03	67,08	22,50	36,15	3,85	4,19	3,67	79,97	73,70	16,40	20,37	1,18	3,32
0,50	80,00	67,68	23,47	34,25	3,77	4,15	3,75	79,98	73,98	16,13	19,95	1,14	3,32
0,58	79,97	67,98	23,93	33,43	3,68	4,16	3,83	79,93	74,18	15,77	19,45	1,10	3,29
0,67	79,98	68,10	24,10	32,93	3,60	4,13	3,92	79,97	74,42	15,40	18,97	1,07	3,29
0,75	79,98	68,20	24,10	32,53	3,50	3,97	4,00	79,95	74,63	15,07	18,47	1,03	3,28
0,83	79,97	68,20	24,08	32,23	3,42	3,81	4,08	79,97	74,82	14,77	18,03	0,99	3,32
0,92	79,95	68,20	23,98	31,98	3,33	3,83	4,17	79,97	75,03	14,47	17,62	0,97	3,25
1,00	79,97	68,20	23,82	31,70	3,25	3,78	4,25	77,92	75,03	14,78	18,03	0,91	3,38
1,08	79,97	68,25	23,67	31,50	3,17	3,74	4,33	80,05	73,25	14,88	19,83	0,87	3,22
1,17	79,97	68,28	23,48	31,25	3,08	3,67	4,42	79,95	73,93	14,50	18,62	0,84	3,18
1,25	79,98	68,38	23,38	31,07	3,00	3,67	4,50	79,98	74,27	14,22	17,70	0,81	3,29
1,33	79,95	68,45	23,25	30,88	2,92	3,73	4,58	79,98	74,60	13,88	17,08	0,78	3,24
1,42	79,97	68,50	23,10	30,63	2,84	3,63	4,67	79,98	74,87	13,53	16,52	0,75	3,17
1,50	79,93	68,58	22,95	30,38	2,76	3,66	4,75	79,97	75,15	13,13	15,95	0,72	3,14
1,58	79,98	68,70	22,77	30,13	2,68	3,64	4,83	79,97	75,38	12,70	25,35	0,70	3,10
1,67	79,97	68,82	22,68	29,97	2,60	3,62	4,92	79,98	75,60	12,33	14,80	0,67	3,06
1,75	79,95	68,98	22,63	29,82	2,52	3,57	5,00	79,20	75,59	12,33	14,80	0,67	3,06
1,83	79,98	69,08	22,52	29,62	2,45	3,58	5,08	79,60	75,75	11,22	14,80	0,67	3,20
1,92	79,95	69,25	22,35	29,35	2,37	3,50	5,17	80,00	76,82	10,27	15,83	0,56	3,35
2,00	79,98	69,40	22,23	29,17	2,30	3,57	5,25	80,00	77,35	9,68	13,50	0,56	3,33
2,08	79,95	69,53	22,17	28,97	2,23	3,62	5,33	79,83	77,67	9,20	12,17	0,55	3,32
2,17	79,95	69,70	22,02	28,72	2,16	3,63	5,42	79,97	77,85	8,85	11,33	0,54	3,28
2,25	79,97	69,88	21,80	28,35	2,09	3,57	5,50	79,98	78,02	8,57	10,73	0,54	3,28
2,33	79,95	70,07	21,57	28,02	2,03	3,54	5,58	79,95	78,10	8,37	10,28	0,53	3,33
2,42	79,95	70,27	21,40	27,70	1,96	3,58	5,67	79,95	78,18	8,18	9,95	0,53	3,35
2,50	79,95	70,50	21,13	27,35	1,89	3,61	5,75	79,98	78,22	8,05	9,65	0,52	3,39
2,58	79,95	70,68	20,87	26,95	1,84	3,57	5,83	79,95	78,30	7,95	9,45	0,52	3,49
2,67	79,97	70,92	20,73	26,63	1,78	3,58	5,92	79,95	78,30	7,87	9,27	0,52	3,52
2,75	79,95	71,13	20,52	26,33	1,72	3,58	6,00	79,97	78,30	7,78	9,15	0,51	3,56
2,83	79,98	71,35	20,33	26,00	1,66	3,57	6,08	79,93	78,30	7,73	9,03	0,52	3,64
2,92	79,98	71,62	20,03	25,50	1,61	3,48	6,17	79,95	78,40	7,70	8,92	0,51	3,66
3,00	79,98	71,82	19,48	24,77	1,56	3,55	6,25	79,95	78,40	7,62	8,83	0,52	3,62
3,08	79,95	72,08	19,27	24,38	1,50	3,60	6,33	79,97	78,40	7,58	8,77	0,51	3,62
3,17	79,98	72,32	18,88	23,88	1,45	3,41	6,42	79,93	78,40	7,53	8,70	0,51	3,64
3,25	79,97	72,55	18,45	23,30	1,40	3,48							

**TE** =Temperatura de entrada (°C); **TS** =Temperatura de salida (°C); **HE** = Humedad de entrada (%); **HS**=Humedad de salida (%); **P** = Peso (Kg); **FA** = Flujo de aire (m3/m)

## Anexo 3. Escala de color universal Pantone matching system-liso

100	101	102	Pantone yellow cvu	103	104	105
106	107	108	109	110	111	112
113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126
1205	1215	1225	1235	1245	1255	1265
127	128	129	130	131	132	133
134	135	136	137	138	139	140
1345	1355	1365	1375	1285	1395	1405
141	142	143	144	145	146	147
148	149	150	151	152	153	154
1485	1495	1505	Pantone orange 021	1525	1535	1545
155	156	157	158	159	160	161
461	460	459	457	456	455	454
600	601	602	603	604	605	606
607	608	609	610	611	612	613
614	615	616	617	618	619	620

Anexo 4. Tabla consolidada del contenido de nutrientes

Muestra	Código	% Humedad	% Sólidos	%	% Materia	% Almidón	% Proteína	% Grasa	Consolidado
Patrón Sémola T0	T0-1	12,8233	87,1767	0,8665	99,1335	68,4143	11,9580	1,4119	94,4218
	T0-2	12,7788	87,2212	0,9226	99,0774	69,9460	11,8296	1,3161	95,7520
	T0-3	12,6235	87,3765	0,8968	99,1032	67,4300	11,8599	1,3797	93,1461
	T0-4	12,6718	87,3282	0,7714	99,2286	73,2247	11,8579	1,3728	98,8551
	T0-5	12,7621	87,2379	0,7347	99,2653	70,4719	11,2061	1,4062	95,5948
T1 Sustitución 10%	T1-1	11,4284	88,5716	1,4032	98,5968	63,6742	12,6162	1,0297	90,1517
	T1-2	11,1062	88,8938	1,3819	98,6181	64,1015	12,6833	1,4977	90,7707
	T1-3	10,7878	89,2122	1,3909	98,6091	64,1979	12,7018	1,1805	90,2589
	T1-4	10,7226	89,2774	1,3648	98,6352	65,0834	12,5224	1,0617	90,7549
	T1-5	10,8972	89,1028	1,3894	98,6106	65,5353	11,9374	1,3099	91,0692
T2 Sustitución 20%	T2-1	12,4645	87,5355	2,0848	97,9152	63,2140	13,0017	1,0457	91,8109
	T2-2	12,6561	87,3439	2,1463	97,8537	64,8886	13,3136	1,1882	94,1927
	T2-3	12,6788	87,3212	2,0553	97,9447	63,6245	13,1533	1,2441	92,7561
	T2-4	12,6196	87,3804	2,0832	97,9168	66,9503	13,0990	1,1902	95,9423
	T2-5	12,7765	87,2235	2,0053	97,9947	67,4218	12,9850	1,4577	96,6463
T3 Sustitución 30%	T3-1	11,6702	88,3298	2,9849	97,0151	65,4155	13,4366	1,3814	94,8887
	T3-2	11,6239	88,3761	2,3810	97,6190	65,8636	13,9499	1,5036	95,3220
	T3-3	11,6939	88,3061	2,3949	97,6051	64,5375	13,7288	1,0922	93,4472
	T3-4	11,6834	88,3166	2,5115	97,4885	66,8485	13,6984	2,0663	96,8081
	T3-5	11,5228	88,4772	2,4236	97,5764	67,3294	13,6813	1,4465	96,4036
T4 Sustitución 40%	T4-1	11,8457	88,1543	2,4264	97,5736	61,1457	14,3354	2,3958	92,1490
	T4-2	12,4568	87,5432	3,2334	96,7666	62,7872	14,2223	1,6302	94,3300
	T4-3	11,7537	88,2463	3,0094	96,9906	61,5480	14,3190	1,7618	92,3919
	T4-4	11,6676	88,3324	2,9927	97,0073	58,7730	14,3655	2,9930	90,7919
	T4-5	11,4659	88,5341	3,0619	96,9381	59,5077	14,0154	2,1302	90,1811

## Anexo 5. Pruebas t-student para indicador proteína

Determinación de proteínas en la sustitución parcial de Sémola de trigo por harina de frijol de palo y zapallo.

TRATAMIENTO	% PROTEINA				
T0	11.9580	11.8296	11.8599	11.8579	11.2061
T1	12.6162	12.6833	12.7018	12.5224	11.9374
T2	13.0017	13.3136	13.1533	13.0990	12.9850
T3	13.4366	13.9499	13.7288	13.6984	13.6813
T4	14.3354	14.2223	14.3190	14.3655	14.0154

Fuente: Tabla Consolidada del contenido de nutrientes

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	T0	T1	T0	T2
Media	11,742302	12,4922031	11,742302	13,11051985
Varianza	0,09221893	0,101145574	0,0922189	0,017694251
Observaciones	5	5	5	5
Coefficiente de correlación de pearson	0,95537659		0,4038484	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	4		4	
Estadístico t	-17,849181		-11,00497	
p(T<=t) una cola	0,000029		0,0001937	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184649		2,1318465	
p(T<=t) dos colas	0,000058		0,0003875	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645086		2,7764509	

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<b>T0</b>	<b>T3</b>	<b>T0</b>	<b>T4</b>
Media	11,742302	13,69899232	11,742302	14,25153924
Varianza	0,09221893	0,033255693	0,0922189	0,020297278
Observaciones	5	5	5	5
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,0982561		0,9434385	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	4		4	
Estadístico t	-11,848626		-31,9282	
p(T<=t) una cola	0,00014525		2,868E-06	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184649		2,1318465	
p(T<=t) dos colas	0,00029049		5,736E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645086		2,7764509	

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T3</b>
Media	12,492203	13,11051985	12,492203	13,69899232
Varianza	0,1011456	0,017694251	0,1011456	0,033255693
Observaciones	5	5	5	5
Coefficiente de correlación de pearson	0,6120453		0,1356316	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	4		4	
Estadístico t	-5,339255		-7,833362	
P(T<=t) una cola	0,0029641		0,0007171	
Valor crítico de t (una cola)	2,1318465		2,1318465	
P(T<=t) dos colas	0,0059283		0,0014341	
Valor crítico de t (dos colas)	2,7764509		2,7764509	



Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<b>T1</b>	<b>T4</b>	<b>T 2</b>	<b>T3</b>
Media	12,492203	14,25153924	13,11052	13,69899232
Varianza	0,1011456	0,020297278	0,0176943	0,033255693
Observaciones	5	5	5	5
Coefficiente de correlación de Pearson	0,8464795		0,8553817	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	4		4	
Estadístico t	-18,59984		-13,53557	
P(T<=t) una cola	2,459E-05		8,621E-05	
Valor crítico de t (una cola)	2,1318465		2,1318465	
P(T<=t) dos colas	4,918E-05		0,0001724	
Valor crítico de t (dos colas)	2,7764509		2,7764509	
Prueba t para medias de dos muestras emparejadas				

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T3</b>	<b>T 4</b>
Media	13,11052	14,25153924	13,698992	14,25153924
Varianza	0,0176943	0,020297278	0,0332557	0,020297278
Observaciones	5	5	5	5
Coefficiente de correlación de Pearson	0,2130025		-0,223414	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	4		4	
Estadístico t	-14,75061		-4,840134	
P(T<=t) una cola	6,147E-05		0,0041996	
Valor crítico de t (una cola)	2,1318465		2,1318465	
P(T<=t) dos colas	0,0001229		0,0083993	
Valor crítico de t (dos colas)	2,7764509		2,7764509	

Anexo 6. Tratamiento estadístico panel sensorial

Prueba t-student para medias de dos muestras emparejadas en el color de

las pastas alimenticias

	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T0</b>	<b>T2</b>
Media	6,38571428	5,31428571	6,38571428	4,428571
Varianza	2,124761905	2,7347619	2,124761905	1,185714
Observaciones	7	7	7	7
Coefficiente de correlación de	0,84361547		0,945331102	

Pearson		
Diferencia hipotética de las medias	0	0
Grados de libertad	6	6
Estadístico t	3,184529159	9,307317221
P(T<=t) una cola	0,009483485	4,35427E-05
Valor crítico de t (una cola)	1,943180905	1,943180905
P(T<=t) dos colas	0,018966971	8,70854E-05
Valor crítico de t (dos colas)	2,446913641	2,446913641

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	T0	T3	T0	T4
Media	6,385714286	3,44285714	6,385714286	2,228571
Varianza	2,124761905	0,98952381	2,124761905	1,602381
Observaciones	7	7	7	7
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,017898183		0,340785485	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	6		6	
Estadístico t	4,375721585		6,999022024	
P(T<=t) una cola	0,002344937		0,000211902	
Valor crítico de t (una cola)	1,943180905		1,943180905	
P(T<=t) dos colas	0,004689873		0,000423804	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446913641		2,446913641	

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	T1	T2	T1	T3
Media	5,314285714	4,42857143	5,314285714	3,442857
Varianza	2,734761905	1,18571429	2,734761905	0,989524
Observaciones	7	7	7	7
Coefficiente de correlación de Pearson	0,742950629		-0,442169761	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	6		6	
Estadístico t	2,100387985		2,175691543	
P(T<=t) una cola	0,040217264		0,036245349	
Valor crítico de t (una cola)	1,943180905		1,943180905	
P(T<=t) dos colas	0,080434528		0,072490698	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446913641		2,446913641	

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	T1	T4	T2	T3
Media	5,314285714	2,22857143	4,428571429	3,442857
Varianza	2,734761905	1,60238095	1,185714286	0,989524
Observaciones	7	7	7	7

Coefficiente de correlación de pearson	0,244993048	-0,050556313
Diferencia hipotética de las medias	0	0
Grados de libertad	6	6
Estadístico t	4,486390118	1,725359487
P(T<=t) una cola	0,00208195	0,067609664
Valor crítico de t (una cola)	1,943180905	1,943180905
P(T<=t) dos colas	0,0041639	0,135219328
Valor crítico de t (dos colas)	2,446913641	2,446913641

---

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

---

	TS - 2	TS - 4	TS - 3	TS - 4
Media	4,428571429	2,22857143	3,442857143	2,228571
Varianza	1,185714286	1,60238095	0,98952381	1,602381
Observaciones	7	7	7	7
Coefficiente de correlación de pearson	0,484173365		0,135195034	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	6		6	
Estadístico t	4,8282426		2,141119068	
p(T<=t) una cola	0,001457737		0,038016397	
Valor crítico de t (una cola)	1,943180905		1,943180905	
P(T<=t) dos colas	0,002915475		0,076032795	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446913641		2,446913641	

---