

## 1.1 Antecedentes

“Las pastas alimenticias son productos comestibles preelaborados, con un nivel alto de versatilidad en su producción como en su preparación, convirtiendo a este alimento en uno de los preferidos de la dieta de los bolivianos” (AEMP, 2017. Pág. 2).

El mundo consume anualmente 13,6 millones de toneladas de pasta, siendo el primer productor Italia, con 3,3 millones de toneladas que además es el primer consumidor con 25 kg/habitante. Bolivia ocupa la posición 27 en el ranking del consumo mundial con casi 5 kg/año/habitante. (Lacoste, 2016)

En el país existen, según FUNDEMPRESAS (Fundación que apoya al desarrollo empresarial y opera el registro de comercio de Bolivia), 21 empresas dedicadas a la actividad molinera (sin discriminar producto), producción de harina de trigo y de fideos; nueve empresas comercializadoras de cereales, importadoras de harina y otras actividades del rubro alimenticio. (Estremadoiro, 2014)

Los fideos elaborados en Bolivia ya pueden ser consumidos en otros países. Firmas como Inpastas S.A. y Fabrica Aurora, han empezado a colocar sus marcas Lazzaroni y Fideos Aurora, en mercados difíciles como el de Estados Unidos, Europa y Australia. (Estremadoiro, 2014)

“Los departamentos con menor demanda en venta de fideos se encuentran Potosí, Tarija, Beni y Pando, ya que en conjunto no superan el 10%, en los últimos cinco años” (AEMP, 2017. Pág. 23).

Las preferencias de los consumidores en cada departamento son distintas, de acuerdo al tipo de pasta alimenticia que cada región adquiere. Tanto es así que, los fideos son los de mayor requerimiento en La Paz, Tarija y Beni, las pastas de tipo lasaña tienen un consumo marginal en toda Bolivia, la variedad de macarrones es la predilecta en Chuquisaca y Potosí, finalmente, las pastas largas son las de mayores ventas en Santa Cruz, Cochabamba, Oruro y Pando. (AEMP, 2017)

En la tabla 1.1 se muestra la distribución y venta de pastas en la ciudad de Tarija en el periodo 2012-2016.

**Tabla 1.1**

*Distribución y venta de pastas en Tarija*

Pastas	Periodo				
	2012	2013	2014	2015	2016
Fideo	61,01%	62,77%	62,81%	59,09%	64,23%
Lasaña	0,11%	0,14%	0,14%	0,15%	0,12%
Macarrón	22,25%	24,27%	25,70%	20,56%	17,72%
Pastas largas	15,83%	12,82%	11,35%	20,20%	17,93%

**Fuente:** AEMP, 2017

## 1.2 Justificación

- Debido al incremento de personas que padecen diabetes, que se ha hecho eco a causa de una mala alimentación quedando vulnerables a esta enfermedad, como fin se pretende elaborar un producto nutritivo tomando en cuenta la harina de lenteja por su bajo índice glucémico. (Hernández y Sastre, 1999)
- La presente investigación surge de la necesidad de elaborar una pasta alimenticia enriquecida con harina de lenteja y moringa, para obtener una pasta nutritiva para aquellas personas con diabetes, niños y deportistas interesados en tener una buena alimentación.
- Este proyecto propone una alternativa para mejorar el valor agregado de la harina de lenteja y satisfacer las necesidades del consumidor, proporcionando una pasta de calidad nutricional e innovando con un producto nuevo.
- Así mismo, la importancia que se le ha dado en los últimos años a la moringa (harina de hojas en polvo), despertando la necesidad de emplearla como suplemento alimenticio en la elaboración de pastas, ya que en el mercado local es mayormente utilizada por sus propiedades medicinales y curativas.

### **1.3 Objetivos**

Los objetivos planteados para el presente trabajo son:

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Elaborar pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa, mediante la tecnología de elaboración de cereales; que permita obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima con la finalidad de conocer las características de la misma.
- Realizar la evaluación sensorial del producto final para determinar la aceptabilidad y las propiedades organolépticas, para obtener resultados y realizar los cálculos respectivos.
- Realizar el diseño experimental para determinar las variables del proceso de elaboración de pasta.
- Determinar el análisis fisicoquímico y microbiológico del producto final para establecer la calidad del mismo.
- Determinar la actividad de agua presente en el producto final.
- Realizar el balance de materia y energía para el proceso de elaboración de pasta con el fin de conocer el rendimiento en el proceso de elaboración y el gasto de energía a nivel experimental.

### **1.4 Variable independiente y dependiente**

**Variable independiente (VI):** Tecnología de elaboración de cereales.

**Variable dependiente (VD):** Pasta tipo tallarín enriquecida.

### **1.5 Planteamiento del problema**

En el mercado local se encuentra una diversidad de pastas alimenticias las cuales tienen una gran deficiencia en cuanto se refiere al contenido de sus componentes nutritivos como ser proteínas, calcio, magnesio y fibra. Por lo que se pretende obtener una pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa, que contribuya de alguna manera la incorporación de componentes nutritivos que coadyuven a una mejor dieta alimentaria.

De modo que, con el presente trabajo de investigación de pasta tipo tallarín, se pretende incorporar la mezcla de harinas mediante la aplicación de la tecnología de cereales con el fin de obtener un producto nutritivo que pueda ser introducido al mercado local ya que la mayoría de las pastas alimenticias se elaboran con harina de trigo refinada.

### **1.6 Formulación del problema**

¿Cuál será la tecnología de elaboración de cereales a ser aplicada en la elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa, para obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado?

### **1.7 Hipótesis**

La tecnología de elaboración de cereales a ser aplicada en la elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa permitirá obtener un producto con calidad nutricional para la provincia Cercado.

## **2.1 Origen de la pasta**

La historia de la pasta puede dar lugar a controversias, pues no se puede establecer a ciencia cierta si su invención ha de atribuirse a un determinado país o si hace tiempo empezó a consumirse a la vez en diferentes lugares, pues aunque en Italia la pasta constituye la dieta básica y se remonta largamente en su historia, en China ya se producían espaguetis de harina de soya antes del año mil y por otra parte, hallazgos arqueológicos confirman que tanto los antiguos griegos como los egipcios ya conocían los alimentos parecidos a la pasta. (Camarero, 2006)

De ahí, la producción se extendió a Nápoles y Génova, después al resto de la península itálica, convirtiéndose, poco a poco, en uno de los alimentos básicos de la población italiana, hasta ser considerada como el «estandarte» de Italia en el mundo. (Rossini, 2012)

A partir del renacimiento, Italia se convirtió en especialista de la pasta fresca y seca. Los nombres, formas y sabores variaban según las regiones donde se fabricaban. Tomaron entonces el nombre de pasta, con el que se designa a todas las pastas alimenticias. (Rosemberg, 2016)

“En los siglos siguientes, mientras que la pasta fresca conservaba una fabricación artesanal y más bien local, sobre todo en Italia, Alemania y Alsacia, la pasta seca experimento un creciente auge” (Rosemberg, 2016. Pág. 1).

## **2.2 Definición de pasta**

Según el Codex alimentarius no se tiene referencia respecto a las pastas por lo que se tomó en cuenta el Código Alimentario Argentino (C.A.A., 2018), que cuenta con la denominación genérica de pastas alimenticias o fideos, a los productos no fermentados obtenidos por el empaste y amasado mecánico de: sémolas o semolín o harinas de trigo ricos en gluten o harinas de panificación o por sus mezclas, con agua potable, con o sin la adición de sustancias colorantes autorizadas a este fin, con o sin la adición de otros productos alimenticios de uso permitido para esta clase de productos.

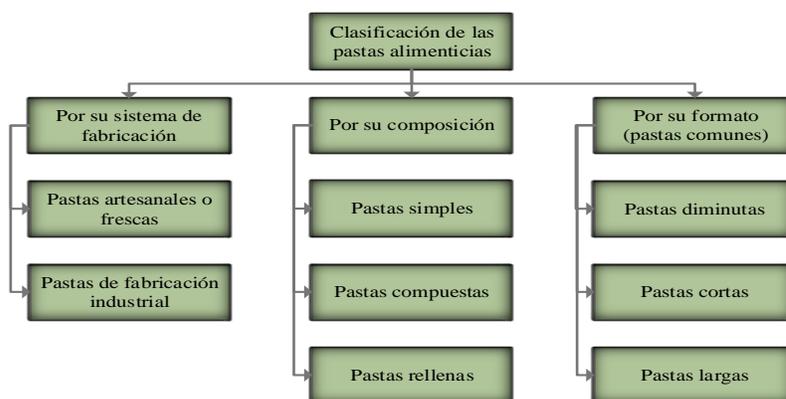
### **2.3 Características generales de las pastas alimenticias**

Según (Combelli, 1952), “afirma que las pastas tienen las siguientes características generales”:

- Las pastas alimenticias se obtienen amasando una pasta azzima, no fermentada ni salada, de harina de trigo en la proporción de 32 a 35 partes con 6 de agua. Puede ser amasada en frío o en caliente, con o sin otras materias alimenticias, con huevos, gluten, azafrán para colorearla y aromatizarla, etc.
- La calidad de las pastas alimenticias depende, en primer lugar, de la clase de la harina o sémola empleada, de su elaboración, desecación y conservación. Tienen una coloración uniforme, son semitranslúcidas, frágiles, con fractura semividriosa y sabor especial característico, de pasta cruda no fermentada.
- Las pastas elaboradas a mano o mecánicamente se diferencian según su proceso de elaboración, pudiendo clasificarse también en pastas corrientes de varias calidades (extrafina, fina, ordinaria) y pastas con huevo, gluten, etc., según los ingredientes adicionados. Se subdividen en pastas largas y cortas, atendiendo a sus dimensiones y forma, y recibiendo nombres especiales impuestos por ésta.
- Su valor nutritivo por unidad de peso es más elevado que el del pan, 1 kilogramo de pasta equivale a (1,5 – 1,6) kilogramos de pan blanco de buena calidad.

### **2.4 Clasificación de las pastas**

En la figura 2.1 se muestra la clasificación de las pastas alimenticias.



**Fuente:** Equipo Editorial, 2014

**Figura 2.1.** Clasificación de las pastas alimenticias

### 2.4.1 Por su sistema de fabricación

Dos tipos claros se diferencian, las elaboradas artesanalmente y las de fabricación industrial; también llamadas frescas y secas respectivamente.

#### 2.4.1.1 Pastas artesanales o frescas

“Son aquellas que se pueden elaborar en la cocina y que, por no estar desecadas, generalmente, solamente precisan ser escaldadas como tratamiento previo a su consumo” (Equipo Editorial, 2014. Pág. 99).

Se suelen elaborar sustituyendo total o parcialmente el agua por huevos, razón por la cual su conservación es corta. A pesar de ello, la pasta fresca se puede conservar durante unos días por desecación, en un lugar fresco y seco, y unos meses por congelación. (Equipo Editorial, 2014)

#### 2.4.1.2 Pastas de fabricación industrial

Es la comúnmente denominada pasta seca, mediante un proceso mecánico de la mezcla de sémola de trigo duro (primera molienda de trigo, de gran calidad) y agua en una proporción aproximada del 30% sobre la sémola. Que tras ser amasada se coloca sobre prensa calientes para darle forma. Posteriormente se seca y empaqueta. Su conservación al estar al estar exenta de agua es muy elevada debiendo evitar roturas que mermen su calidad. (Martin et al, 2007)

## **2.4.2 Por su composición**

Dependiendo de los ingredientes empleados en su elaboración las pastas alimenticias se pueden clasificar en:

### **2.4.2.1 Pastas simples**

“Serán las elaboradas con sémolas, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro, blando o sus mezclas. Cuando sean elaboradas exclusivamente con sémola o semolina de trigo duro (*Triticum durum*) podrán calificarse como de calidad superior” (Armendáriz, 2016. Pág. 96).

- **Calidad superior:** mayor porcentaje de proteína, 11% mínimo.
- **Calidad corriente:** menor porcentaje de proteína, 9,5% mínimo.

### **2.4.2.2 Pastas compuestas**

“Son aquellas en cuya elaboración incorporan alguna de las siguientes sustancias: gluten, soja, huevos, leche, hortalizas, verduras y leguminosas naturales, desecadas o conservadas, jugos y extractos” (Gil, 2010. Pág. 122).

### **2.4.2.3 Pastas rellenas**

Se denominan pastas alimenticias rellenas a los preparados constituidos por pastas alimenticias simples o compuestas que, en formas diversas (empanadillas, cilindros, sándwich, etc...), contengan en su interior un preparado elaborado con todas o algunas de las siguientes sustancias: Carnes de animales de abasto, grasas animales y vegetales, quesos, productos de pesca, pan rallado, verduras, hortalizas, huevos y agentes aromáticos autorizados. Podrán incorporarse otras sustancias alimenticias que, en su momento sean autorizadas. La cantidad en peso del relleno será, como mínimo, el 25% referido al peso total del producto. (Armendáriz, 2016)

## **2.4.3 Por su formato (pastas comunes)**

Dependiendo según su formato de presentación se clasifican las pastas en:

#### **2.4.3.1 Pastas diminutas**

En este formato podemos encontrar todas las pastas de corte diminuto cuya única aplicación se realiza por cocción y servicio de un caldo de diverso signo, ya sea como acompañamiento único o no. Ejemplos de este formato son: estrellitas, puntos, letras, etc. (Equipo Editorial, 2014)

#### **2.4.3.2 Pastas cortas**

“Son las obtenidas por extrusión a través de un molde y cortadas en distintos formatos de longitud inferior a 100 milímetros (fideos, conchitas, fideuá)” (Armendáriz, 2016. Pág. 97).

#### **2.4.3.3 Pastas largas**

Según (Martin et al, 2007. Pág. 108) “afirma que las pastas largas son tiras rectas, de distintos anchos y longitudes, las más comunes son”:

- **Cilíndricas**, tiras redondas, finas y macizas. Según su diámetro y longitud, reciben distintos nombres, aunque en general fuera de Italia se denominan espaguetis de forma genérica.
- **Planas**, tiras finas y dependiendo del ancho de las mismas reciben denominaciones específicas que de menor a mayor son: tallarines, tagliarino o linguine, fetuchinis, fettuccine, tagliatelle y papardele.

#### **2.4.3.4 Pastas planas**

“Son las obtenidas por laminado y troquelado posterior con distintas formas y dibujos (lasañas, canelones, lazos, etc.)” (Armendáriz, 2016. Pág. 97).

### **2.5 Composición nutricional de las pastas alimenticias**

La composición y, por lo tanto, el valor nutritivo de la pasta dependerá de la calidad de las sémolas o harinas y del grado de extracción. Las pastas compuestas o rellenas presentan una composición y un valor nutricional muy variables de acuerdo con los ingredientes utilizados en su elaboración. (Gil, 2010)

Los hidratos de carbono (almidón) son los nutrientes más abundantes. La proteína más abundante de la pasta es el gluten, que le confiere la elasticidad típica. El contenido medio es del 12-13 %, por lo que se puede considerar una fuente adecuada de proteína, aunque esta sea deficiente en lisina. (Gil, 2010)

Los hidratos de carbono son las fuentes de energía más saludables para nuestro organismo, al comer pasta en cantidad moderada, acumulamos reservas de energía en forma de glucógeno en nuestros órganos y músculos, esto unido a su fácil digestión y lenta asimilación la convierte en un alimento ideal para personas con gran desgaste energético como deportistas y niños. (Camarero, 2006)

La pasta se caracteriza por el bajo contenido en grasa. No obstante, cuando se hace referencia a este nutriente hay que tener en cuenta, como en el caso de las proteínas, la formulación o forma de preparación utilizada. Por ejemplo, unos espaguetis elaborados de forma sencilla y acompañados de salsa de tomate tienen un contenido en grasa bajo, pero esto puede modificarse considerablemente si se acompañan de carne, queso, etc. (Gil, 2010)

## **2.6 Calidad de las pastas alimenticias**

La calidad de la pasta esta siempre ligada a las materias primas utilizadas para su elaboración. En el proceso de producción, durante el amasado, las proteínas (el gluten), mezcladas con el agua, forman una compleja estructura en la que quedan atrapados los gránulos de almidón. La calidad de la pasta depende de esta red proteica, ya que cuando es fuerte, impide que durante la cocción las partículas de almidón pasen al agua de cocción, evitando que la pasta se vuelva blanda y pegajosa. Visto esto una pasta alimenticia elaborada con una variedad de trigo rica especialmente en proteínas (gluten) dará como resultado una pasta de excelente calidad. (Camarero, 2006)

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

“Las características de calidad que debe reunir la pasta se pueden dividir en: aspectos visuales y calidad de cocción” (INTA, 1999. Pág. 15).

### **2.6.1 Aspectos visuales de las pastas alimenticias**

Color uniforme, amarillo, claro, brillante, sin tranzas de gris o rojo. El color de la pasta está dado por las propiedades intrínsecas del grano y es debido a la combinación de dos componentes: amarillo y marrón. El componente amarillo es función del contenido de pigmentos carotenoides (carotenos y xantofilas) y la actividad lipoxigenásica. Esta última promueve la oxigenación de los pigmentos durante el proceso de fabricación del fideo y la desaparición del color. Dos factores pueden afectar la apreciación visual del color: el tamaño de las partículas y la cantidad de pigmento marrón. El indeseable color marrón se atribuye a las peroxidasas y polifenoloxidasas que contiene el grano. (INTA, 1999)

“Grietas superficiales. Aparición de fallas en las pastas secas, con un aspecto desagradable, baja resistencia al empaquetamiento y calidad culinaria insuficiente. Se producen por efecto de tensiones internas durante un secado defectuoso” (INTA, 1999. Pág. 16).

### **2.6.2 Calidad de cocción de las pastas alimenticias**

El juicio final sobre la pasta debe ser hecho sobre la pasta misma, ya sea subjetivamente, con paneles de degustación, u, objetivamente, con métodos instrumentales. Se prefieren estos últimos por ser independientes del operador, y, en los programas de mejoramiento, porque pueden realizarse con pequeña cantidad de muestra. (INTA, 1999)

Según INTA (1999), afirma que la cocción del fideo apunta a gelatinizar el almidón para hacerlo digestible, modificar la textura de las pastas de manera de conferirles las características deseadas por el consumidor y llevar los productos a la temperatura deseada. Se acepta que en la calidad de los fideos la incidencia de la proteína es del 68 %, en tanto, el rol del almidón es del 28 %. La calidad de la pasta se basa en los siguientes parámetros:

- Absorción de agua: en general 100 gramos de fideo secos fijan 160-180 gramos de agua.
- Pegajosidad, estado superficial: estado de desintegración de la superficie de la pasta y grado de adhesión de los fideos después de la cocción.
- Firmeza, nervio, visco elasticidad, textura: resistencia de la pasta cocida cuando es masticada o aplastada (propiedades reológicas). La firmeza del fideo es independiente de sus características superficiales y esta principalmente bajo la dependencia del tenor de proteína y de la viscoelasticidad del gluten; cuanto más elevados sean estos valores, las pastas serán más firmes para un tiempo dado de cocción.

## 2.7 Materias primas para la elaboración de pastas enriquecidas con harina de lenteja y moringa

Las materias primas para la elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa son las siguientes:

### 2.7.1 Harina de trigo

Por sémola y harina de trigo duro (figura 2.2) se entiende los productos elaborados con granos de trigo duro (*Triticum durum Desf.*) por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa la mayor parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. La sémola integral de trigo duro se prepara mediante un procedimiento de molienda similar, pero se conserva el salvado y parte del germen. (Codex Stan, 2007)



**Fuente:** La Suprema  
**Figura 2.2.** Harina de trigo

También se extraen harinas de otros cereales (arroz, cebada, etc...), legumbres (soja, alubias, habas, guisantes), frutos secos (castaña, chufa, cacahuete, etc...), tubérculos, frutas, etc..., incluso otros productos. Sin embargo, en estos casos, se deben añadir el nombre genérico de donde proceden (“harina de ...”). De este modo, y a no ser que se especifique lo contrario, cuando se habla de harina se entiende, la que se extrae del trigo industrialmente limpio. (Martin et al, 2007)

#### **2.7.1.1 Características generales de la harina**

El olor de la harina debe ser agradable y neutro, al igual que el sabor, sin gusto ácido, amargo ni sabores extraños de rancidez, moho o dulzor. La harina de trigo en blanca (trigo blanco) o algo amarillenta (trigo duro). Debe ser suave al tacto y presentar una apariencia uniforme, sin puntos negros, libre de cualquier deporte, de insectos, cuerpos extraños y olores anormales. (Martin et al, 2007)

El valor nutritivo de la harina depende en gran medida en función del grado de extracción ya que el mayor contenido en proteínas, minerales y vitaminas se encuentra en el salvado, germen y endospermo externo. Siendo el valor nutritivo de las harinas integrales superior al de la blanca. (Martin et al, 2007)

Como media podemos establecer que la harina está compuesta mayormente por almidón 70%, entre un 9-12% de proteínas, un 1,5% de grasas y hasta un 15% de agua en el momento de su envasado y distintos minerales como potasio y fósforo. El contenido de vitaminas es irrelevante. (Martin et al, 2007)

#### **2.7.1.2 Clasificación de la harina de trigo**

Se puede clasificar principalmente:

- **Por su extracción:** en la tabla 2.1, “se puede observar la clasificación de la harina de trigo según su extracción” (Buendía, 2016. Pág. 74).

Tabla 2.1

*Clasificación de la harina de trigo según extracción*

Clasificación	Tipo de trigo
Sémola	Duros
Fideera	Duros u otros
Panetonera	Mezcla diversos trigos proteínicos
Pastelera	Blandos

**Fuente:** Buendía, 2016

- **Tipo de fuerza:** define la energía necesaria para deformar una cantidad determinada de masa, así como su capacidad para almacenar aire. Se expresa principalmente por el contenido en proteínas glutámicas (tabla 2.2), causantes de la formación del gluten tras su hidratación. Cuanto mayor sea el contenido en proteínas de una harina, más alto será el grado de retención de líquido y, por tanto, mayor formación de gluten. El gluten es el responsable de la formación de las masas: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas. Por tanto, cuanto mayor sea el porcentaje en proteínas de una harina, más fuerza poseerá. (Martin et al, 2007)

Tabla 2.2

*Clasificación de la harina de trigo según su tipo de fuerza*

Tipos de fuerza de la harina de trigo	
Harinas flojas	8-9% de proteínas
Harinas media fuerza o panificables	10-11% de proteínas
Harinas fuerza y gran fuerza	12-13-14% de proteínas

**Fuente:** López, 2015

**2.7.1.3 Propiedad reológica**

“**Definición:** relación entre el esfuerzo mecánico y la deformación sufrida en los materiales que son capaces de fluir” (Medrano, 2013. Pág. 3).

Según (Medrano, 2013. Pág. 3), “afirma que el grano de cada cereal tiene una capacidad reológica específica, debido a las diferencias porcentuales de sus componentes. De acuerdo a lo dicho se pueden clasificar las harinas de la siguiente manera”:

- Cero (0)
- Doble cero (00)
- Triple cero (000)
- Cuádruple cero (0000)

“Estos números indican la fuerza de la harina, siendo la harina de fuerza o 000 la de trigo duro” (Medrano, 2013. Pág. 4).

“La fortaleza de una harina indica el porcentaje de proteínas que posee: a mayor porcentaje, más ceros y mejor calidad” (Medrano, 2013. Pág. 4).

### 2.7.2 Harina de lenteja

Según el Codex alimentarius no se tiene referencia con respecto a la harina de lenteja por lo que se tomó en cuenta el Código Alimentario Argentino (C.A.A., 2018), que con la denominación de Harina de lentejas (figura 2.3), se entiende el producto de la molienda de las semillas sanas y limpias, sin envolturas celulósicas del *Ervum lens L.* Su contenido en agua no será superior al 12,5% a 100°-105°C, la fibra bruta no excederá del 1,7% y las grasas no mayores del 1,2%.



**Fuente:** Súper mercado Tarija, 2019

**Figura 2.3.** Harina de lenteja

#### 2.7.2.1 Características de la harina de lenteja

Según (La Troja, 2017), “afirma que la harina de lenteja tiene las siguientes características organolépticas”:

- Color: marrón terroso, tirando a pardo o beige. Característico.



### 2.7.3.1 Valor nutricional de la harina de moringa

“Su principal riqueza está en su altísimo valor nutricional de las hojas y frutos. Es usada para tratar anemia y dolencia en los ojos” (On Line Editora. Pág. 75).

Alimento de gran valor nutricional que contiene proteínas, vitaminas, minerales y antioxidante. Posee 7 veces más Vitamina C que una naranja, 4 veces más calcio que un vaso de leche, 4 veces más Vitamina A que una zanahoria, y 3 veces más potasio que un plátano. (Rojas, 2016)

**Tabla 2.4**

*Contenido nutricional de harina de hojas de Moringa oleífera*

Contenido nutricional	Harina de hojas
Humedad (%)	7,5
Calorías	205,0
Proteína (g)	27,1
Grasa (g)	2,3
Carbohidratos (g)	38,2
Fibra (g)	19,2
Minerales (mg)	
Ca (mg)	2003,0
Mg (mg)	368,0
P (mg)	204,0
K (mg)	1324,0
Cu (mg)	0,6
Fe (mg)	28,2
S (mg)	870,0
Vitaminas (mg)	
Vitamina A – $\beta$ (caroteno) (mg)	16,3
Vitamina B1 Tiamina (mg)	2,6
Vitamina B2 riboflavina (mg)	20,5
Vitamina B3 ácido nicotínico (mg)	8,2
Vitamina C ácido ascórbico (mg)	17,3
Vitamina E acetato tocoferol (mg)	113,0

**Fuente:** Perozo, 2013

### 2.7.3.2 Usos de la moringa

“El ben o moringa es, sin duda alguna, uno de los árboles de uso múltiple más útiles de los Trópicos; se le conocen no menos de 30 usos diferentes” (Geilfus, 1994. Pág. 609).

Los usos más comunes de la *Moringa oleifera* pueden clasificarse en cuatro categorías: nutrición, medicina, industria y medio ambiente. En el campo nutricional se utiliza; entre otros; como condimento, aceite de cocina, ayudante de cultivo y por supuesto como alimento con todas sus estructuras que son comestibles. La hoja se puede consumir en forma directa (ensaladas, guisos y sopas) y convertida en harina para variadas preparaciones. (Rocha et al, 2016)

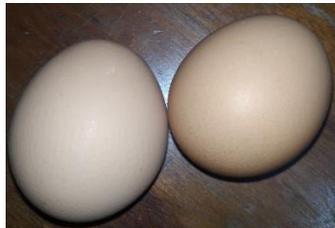
A nivel medicinal se usa en el tratamiento de la anemia, como ungüento, en la prevención de enfermedades, como hipertensión, asma, entre otras. En la industria ha sido utilizada en la fabricación de cosméticos, ungüentos, tintes, suplementos alimenticios y en la impresión textil. En el ámbito medio ambiental es útil como floculante natural, en la purificación de agua, en la clarificación de miel de abeja y en el jugo de caña. Igualmente, la *Moringa* puede usarse como insecticida y fungicida natural; así mismo, para el control de la erosión y como cerca viva. (Rocha et al, 2016)

## **2.8 Insumos para la elaboración de pastas enriquecidas con harina de lenteja y moringa**

Los insumos para la elaboración de pasta enriquecida con harina de lenteja y moringa son los siguientes:

### **2.8.1 Huevo**

Según el Codex alimentarius no se tiene referencia con respecto al huevo de gallina (figura 2.5) por lo que se tomó en cuenta el Código Alimentario Argentino (C.A.A., 2018) que, con la designación general de huevos, sólo podrán expendirse los huevos frescos de gallina. Cuando se trate de huevos de otras especies deberá aclararse la especie de la que proviene.



**Fuente:** Mercado Central  
**Figura 2.5.** Huevo de gallina

### **2.8.1.1 Valor nutricional del huevo**

“Aunque pueden proceder de distintas aves, el huevo de consumo más común es el de gallina. Un huevo de gallina suele pesar entre 60-70 g: el 10% es cascara, el 30% de yema y el 60% clara” (Vásquez et al., 2005. Pág. 97).

Como el resto de los alimentos de este grupo, el contenido de hidratos de carbono es muy bajo (0,6 g%), las grasas suponen el 12%, y se encuentran exclusivamente en la yema. Los lípidos de la yema son ácidos grasos saturados, poliinsaturados (linoleico) y colesterol. La yema de un huevo de tamaño normal aporta 250 mg de colesterol. El 13% son proteínas de alto valor biológico, presentes fundamentalmente en la clara, de tal manera que su proteína, la ovo albumina, se toma como patrón para el cálculo del valor biológico de las proteínas del resto de alimentos. También contiene avidina y ovomucoide, que actúan como antinutrientes. La cocción inactiva estas sustancias; por este motivo, la clara de huevo no se aprovecha completamente si no está cocida o emulsionada, por tanto, se debe desmitificar el «alto valor nutritivo» de los huevos crudos. (Vásquez et al., 2005)

La distribución de los diferentes nutrientes varia; la clara, sin grasa ni colesterol, es pobre en calcio y en hierro; y la yema, es muy rica en grasas, fácilmente digeribles por encontrarse en emulsión perfecta, y colesterol, con gran cantidad de hierro, calcio y vitaminas hidro y liposolubles, grupo B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub>), ácido fólico, A y D. El hierro de los huevos es de baja biodisponibilidad, posiblemente porque se une a las proteínas del huevo. (Vásquez et al., 2005)

### **2.8.1.2 Función del huevo en la elaboración de pastas alimenticias**

“Poco a poco, fue introduciéndose el huevo fresco como un ingrediente más en la elaboración, dando como resultado una pasta con más color, más sabor y con una textura más fuerte” (Gil, 2010. Pág. 68).

“En la actualidad, el huevo fresco ha sustituido casi en su totalidad al agua en la elaboración de las pastas frescas caseras y prácticamente la totalidad de las pastas industriales esta enriquecida con huevo” (Gil, 2010. Pág. 68).

### **2.8.2 Sal**

“Se entiende con el nombre de Sal, sin agregado alguno, el producto comercialmente puro o purificado, que químicamente se designa con el nombre de cloruro de sodio” (C.A.A., 2018).

“Su origen podrá ser de fuentes naturales (sal gema o sal de roca), salinas, sal de evaporación, si como la proveniente de procesos adecuados de recuperación de las industrias que hayan sido autorizadas por la autoridad sanitaria nacional” (C.C.A., 2018).

### **2.8.3 Agua**

Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico o radioactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. (C.A.A., 2012)

#### **2.8.3.1 Función y usos del agua en la elaboración de pastas alimenticias**

El agua es indispensable en la elaboración de las pastas alimenticias, se necesita para el amasado y demás manipulaciones secundarias, y ha de merecer especial atención, porque de su composición depende en gran parte el buen resultado (Combelli, 1952).

### **2.8.4 Carboximetilcelulosa sódica (CMC)**

Denominándose sal sódica de carboximetil éster de la celulosa, polvo blanco o ligeramente amarillento, que puede presentarse en finos granos o fibras finas (C.A.A., 2018).

#### **2.8.4.1 Características del carboximetilcelulosa**

“Casi inodoro e insípido. Soluble en agua; insoluble en solventes orgánicos. La solución al 1% en agua destilada hervida tendrá un pH entre 6,5 y 8,0 a 20°C” (C.C.A., 2018).

- Pureza, min: 99,5% de Carboximetilcelulosa, sobre producto seco.
- Humedad, máx.: 10,0%.
- Grado de sustitución: 0,60 a 1,00 de grupos carboximetilo por unidad anhidro glucosa.
- Arsénico, como As, máx.: 3 mg/kg (3 ppm).
- Metales pesados, como Pb, máx.: 10 mg/kg (10 ppm).
- Espesante, estabilizante.

### **2.8.5 Colorante verde**

“La materia prima son hojas y partes verdes de las plantas. Principios activos: Feofitina A y B” (C.A.A., 2019).

## **2.9 Secado de alimentos**

La deshidratación o secado de alimentos es una de las operaciones unitarias más utilizadas en la conservación de los mismos. En este proceso el agua del alimento es eliminada, en mayor o menor grado, y se consigue con ello una mejor conservación microbiológica, además de retardar muchas reacciones indeseables. (Ibarz & Barbosa, 2005)

A pesar de que los términos de secado y deshidratación se utilizan como sinónimos, en realidad no debería ser así, ya que se considera que un alimento está deshidratado si no contiene más de 2,5% de agua, mientras que uno seco puede contener más de 2,5%. (Ibarz & Barbosa, 2005)

### **2.9.1 Contenido de humedad de un alimento**

Puede expresarse con base en el producto húmedo: masa de agua / masa de producto húmedo, o con base en el producto seco: masa de agua / masa de sólidos secos. La última forma es la más usada en los cálculos de secado. (Orrego, 2003)

En la mayoría de los equipos de secado el producto a secar está en contacto con una mezcla de aire – vapor de agua (aire con algún grado de humedad). Si algún alimento sólido húmedo se pone en contacto con aire de temperatura y humedad constantes, como sucede cuando se usa aire en exceso, después de un tiempo suficiente el sólido alcanzara una humedad de equilibrio que depende de la humedad y temperatura del aire con el que estuvo en contacto. (Orrego, 2003)

### **2.9.2 Contenido de humedad de equilibrio**

La presión de vapor de equilibrio que tiene un producto alimenticio viene determinada no solo por la temperatura, sino también por el contenido de agua del producto, por la forma en que dicha agua está unida al alimento y por la presencia en el de componentes solubles en el agua. El alimento, sometido a la presión de vapor del agua presente en el aire que lo rodea, alcanza una humedad que está en equilibrio con su entorno, denominada humedad de equilibrio. (Earle, 1988)

Por ello es posible representar gráficamente la presión de vapor de equilibrio frente al contenido de humedad o representar la humedad relativa del aire en equilibrio con el producto alimenticio. Frecuentemente, se utiliza la actividad del agua en la superficie del alimento en vez de la humedad relativa; esta se define como el cociente entre la presión parcial del agua a la misma temperatura. (Earle, 1988)

### **2.9.3 Actividad de agua de un alimento**

“El grado de deterioro puede ser muy rápido o relativamente lento, dependiendo sobre todo del contenido de agua biológicamente activa, lo que equivale al concepto fisicoquímico de actividad de agua” (Gil, 2010. Pág. 531).

“Fueron los microbiólogos quienes primero demostraron que la  $a_w$ , más que la humedad, era el parámetro que controla el crecimiento, la supervivencia, esporulación, muerte o producción de toxinas de los microorganismos” (Orrego, 2003. Pág. 186).

#### **2.9.4 Mecanismos implicados en la separación de agua de un alimento**

Según (Bello, 2000), afirma que, desde el punto de vista físico, la eliminación del agua de un alimento suele tener lugar en forma de vapor que escapa a la atmosfera en la que se encuentra el alimento. Se produce así un proceso de secado en el que cabe distinguir la intervención de dos mecanismos fundamentales:

- Una transferencia de calor, que aporta la energía necesaria para que las moléculas de agua pasen desde el estado líquido al estado de vapor.
- Una transferencia de masa, porque el vapor de agua se desplaza por difusión a través del alimento y cuando llega a la superficie se evapora al medio ambiente.

Según (Bello, 2000. Pág. 435), “afirma que ambos mecanismos están regulados por varios factores, que pueden variar en cada caso”:

- Temperatura del producto alimenticio.
- La superficie del alimento que sirve de intercambio con su medio ambiente.
- El contenido acuoso del alimento.
- Las propiedades del medio calorífico: humedad relativa, temperatura, presión de vapor, etc.
- Los movimientos de fluidos.

#### **2.9.5 Psicrometría**

La capacidad de eliminación de agua del aire depende de su humedad y de su temperatura; la parte física que se ocupa del estudio de la relación entre el aire y su agua asociada se denomina psicrometría. La humedad ( $Y$ ) es la medida de la cantidad de agua que contiene el aire. La humedad absoluta es la masa de vapor de agua por unidad de masa de aire seco; su unidad es el  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . (Earle, 1988)

### **2.9.5.1 Humedad de aire**

“La humedad de una mezcla aire – vapor de agua se define como los Kg de agua que hay en un Kg de aire seco” (Orrego, 2003. Pág. 176).

“La presión de vapor de agua máxima posible en equilibrio a una temperatura dada, se llama presión de saturación y produce la máxima humedad a esa temperatura, llamada humedad de saturación” (Orrego, 2003. Pág. 176).

El higrómetro y el psicrómetro miden la humedad del aire, utilizando una escala arbitraria y basándose en la dilatación que algunos cuerpos experimentan cuando se humedecen. Se utilizan para prevenir durante el secado, el posible deterioro que se puede producir en los alimentos cuando la humedad actúa sobre ellos. (Equipo Vértice, 2011)

### **2.9.5.2 Humedad relativa (%)**

La cantidad de humedad relativa presente en el aire se mide o define a través del término humedad relativa, entendida como el porcentaje de humedad que contiene el aire en comparación con la capacidad del aire para retener la humedad. La humedad relativa del aire disminuye a medida que aumenta la temperatura, ya que el aire puede retener tanta más humedad cuanto mayor sea su temperatura. (Whitman & Johnson, 2000)

### **2.9.5.3 Temperatura de bulbo seco (°C)**

La temperatura de la mezcla de aire – vapor de agua que se lee con un termómetro se denomina de bulbo seco. mientras no se diga otra cosa, cuando se habla de temperatura del aire se hace referencia a la temperatura de bulbo seco. (Orrego, 2003)

### **2.9.5.4 Punto de rocío (°C)**

La temperatura de rocío es aquella en la que el aire de cierta humedad comienza a condensar agua cuando se enfría a presión constante. En la carta psicrométrica se encuentra trazando una línea recta desde un punto que ubique el aire dado hasta que se

alcance la línea de saturación; la temperatura de bulbo seco de este último punto es la de punto de rocío. (Orrego, 2003)

#### **2.9.5.5 Temperatura de bulbo húmedo ( $T_w$ )**

Cuando se hace circular aire de temperatura (de bulbo seco)  $T$  y humedad  $H$  sobre una superficie de agua, esta última alcanza una temperatura de equilibrio llamada de bulbo húmedo. En este caso se supone que todo el calor de vaporización del agua lo proporciona el aire; sin embargo, ni este hecho, ni la masa de agua que se evapora cambian las propiedades del aire que circula. (Orrego, 2003)

#### **2.9.5.6 Calor húmedo ( $C_s$ )**

“Es la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 Kg de aire seco más el agua que le acompaña en 1 Kg” (Orrego, 2003. Pág. 178).

#### **2.9.5.7 Entalpia de una mezcla aire – vapor de agua ( $H$ en KJ/Kg aire seco)**

Si se selecciona una temperatura base (generalmente es  $0^\circ\text{C}$ ), la entalpia de la mezcla a cierta temperatura es igual a la suma de los calores sensibles para llevar un Kg de aire seco y al vapor de agua que le acompaña hasta tal temperatura, más el calor latente de vaporización del agua a la temperatura de referencia. (Orrego, 2003)

#### **2.9.6 Características del aire de secado**

Cada producto tiene un comportamiento propio durante su deshidratación; por lo tanto, es importante definir por medio de la elaboración de cinéticas de secado y de un estudio cualitativo del producto final, las condiciones de secado (temperaturas y humedad del aire cuando se trate de secado de arrastre y tiempo de tratamiento). Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura o de humedad entre el producto y el medio de calentamiento, más rápida será la deshidratación. Pero cuanto más drásticas sean las condiciones de secado, más fuerte será el daño cualitativo. Por lo tanto, se debe hacer siempre entre esos dos aspectos. (Boucher, 1991)

### **2.9.7 Secador de bandeja**

En los secadores de bandejas el producto alimenticio se extiende sobre bandejas en las que tiene lugar la desecación. La calefacción se puede llevar a cabo mediante una corriente de aire que pasa sobre la bandeja, por conducción en bandejas calefactoras, por soportes calentados o por radiación desde superficies calientes. La mayoría de los secadores de bandejas están calentados con aire que a la vez extrae el vapor. (Earle, 1988)

### 3.1 Desarrollo de la parte experimental

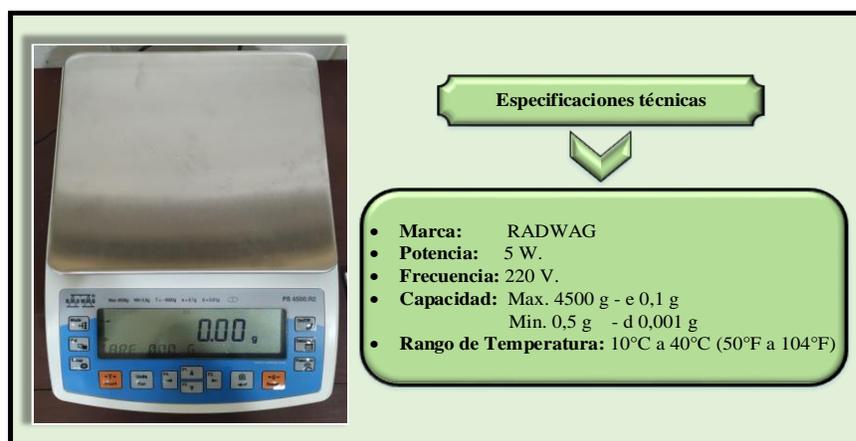
El presente trabajo de investigación y las pruebas experimentales de “Pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa”, se realizaron en el Laboratorio Taller de Alimentos “LTA” dependientes del Departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

### 3.2 Equipos de proceso

Los equipos que se utilizaron para el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

#### 3.2.1 Balanza analítica

Este equipo se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos, se utilizó para el pesado de los ingredientes en la elaboración del producto y realizar el control de la pérdida de humedad de la pasta durante el secado. Las especificaciones técnicas del equipo se encuentran en la figura 3.1.



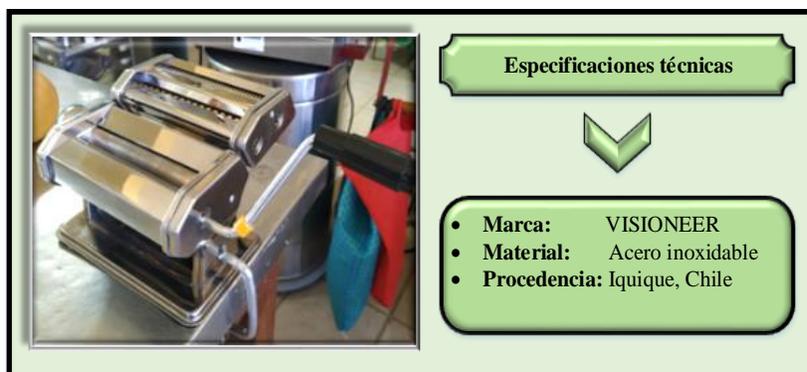
Fuente: LTA, 2019

*Figura 3.1.* Especificaciones técnicas de la balanza analítica

#### 3.2.2 Laminadora / cortadora de pastas

En la elaboración de pasta tipo tallarín, se utilizó una laminadora (figura 3.2) la cual permite que la masa pueda compactarse de mejor manera y obtener un espesor

adecuado de la misma, a su vez esta máquina cuenta con una cortadora con el fin de obtener una pasta de cortes uniformes.



**Fuente:** VSIONEER, 2019

**Figura 3.2.** Especificaciones técnicas de la laminadora / cortadora de pastas

### 3.2.3 Secador a bandejas

El secador a bandejas (figura 3.3), se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos, se utilizó para el secado de las pastas y realizar las curvas de secado a través del control de variación del contenido de humedad.



**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.3.** Especificaciones técnicas del secador a bandejas

### 3.2.4 Generador de aire

El secador a bandejas para que pueda realizar su función correctamente necesita el empleo de un generador de aire con el propósito de aumentar la velocidad del proceso de secado, homogeneizar la temperatura y de esa forma obtener un producto con bajo contenido de humedad y conservarse mayor tiempo. Las especificaciones técnicas del equipo se encuentran en la figura 3.4.



**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.4.** Especificaciones técnicas del generador de aire

### 3.2.5 Psicrómetro

El psicrómetro (figura 3.5), se utilizó para la obtención de datos del bulbo húmedo y seco tanto al inicio como al final del proceso de secado para determinar la humedad relativa del ambiente.

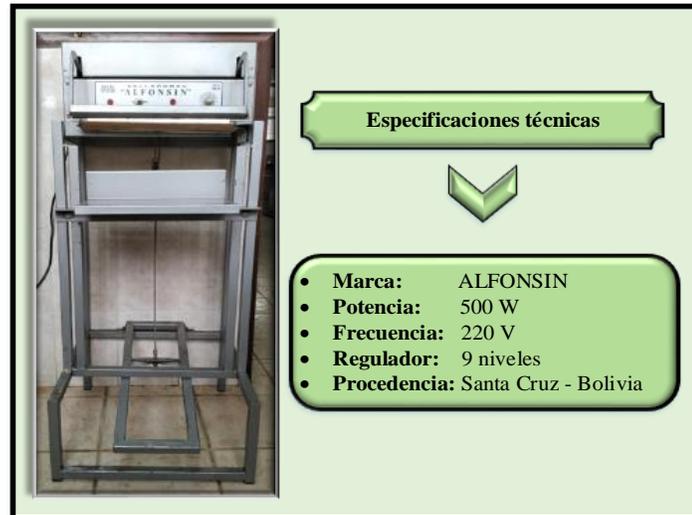


**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.5.** Especificaciones técnicas del psicrómetro

### 3.2.6 Selladora eléctrica

El envasado de la pasta se realizó en bolsas de polipropileno, las cuales se sellaron herméticamente con la selladora eléctrica (figura 3.6).

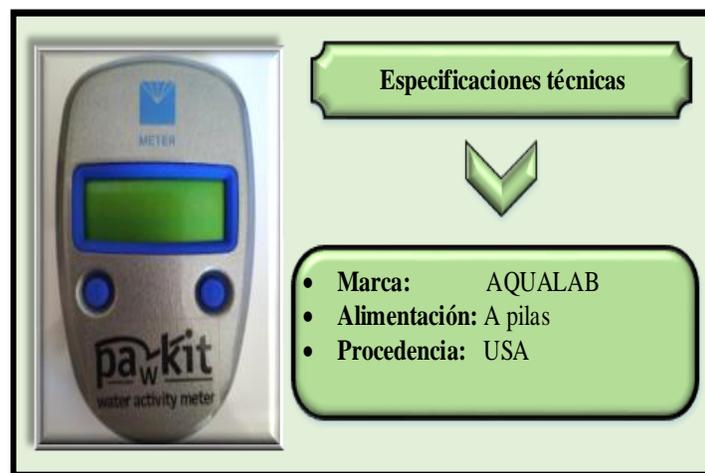


**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.6.** Especificaciones técnicas de la selladora eléctrica

### 3.2.7 Medidor de actividad de agua

El medidor de actividad de agua (figura 3.7) se utilizó para la medición de la actividad de agua del producto terminado.

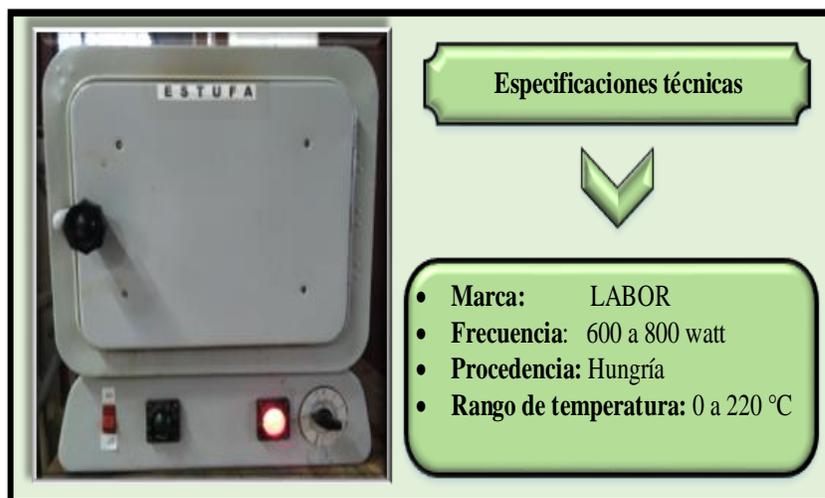


**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.7.** Especificaciones técnicas del medidor de actividad de agua

### 3.2.8 Estufa

La estufa (figura 3.8) se utilizó para el tarado de las bandejas y realizar el secado de la pasta.



**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.8.** Especificaciones técnicas de la estufa

### 3.3 Materiales de laboratorio

En la tabla 3.1 se muestra los materiales de laboratorio que se utilizaron para el desarrollo del presente trabajo.

**Tabla 3.1**

#### *Materiales de laboratorio*

<b>Materiales</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Material</b>
Recipientes	Pequeños	Plástico
Termómetro	0 – 100 °C	Vidrio
Olla	Pequeña	Acero inoxidable
Cuchara	Mediana	Metal
Cuchillo	Mediano	Acero inoxidable
Fuente	Mediana	Acero inoxidable
Papel film	30 m * 30 cm	Plástico
Desecador	----	Vidrio
Cajas Petri	----	Vidrio
Paleta	----	Plástico

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4 Insumos alimentarios

En la tabla 3.2 se muestra los insumos que se utilizaron para el desarrollo del presente trabajo.

**Tabla 3.2**

#### *Insumos alimentarios*

Insumos	Cantidad (%)	Calidad	Procedencia
Harina de trigo	42,80	Industrial	Santa Cruz
Harina de lenteja	18,34	Artisanal	Salta
Moringa	0,55	Industrial	La Paz
Huevo	24,46	----	Mercado
Agua	10,45	----	----

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5 Aditivos alimentarios

En la tabla 3.3 se muestra los aditivos que se utilizaron para el desarrollo del presente trabajo.

**Tabla 3.3**

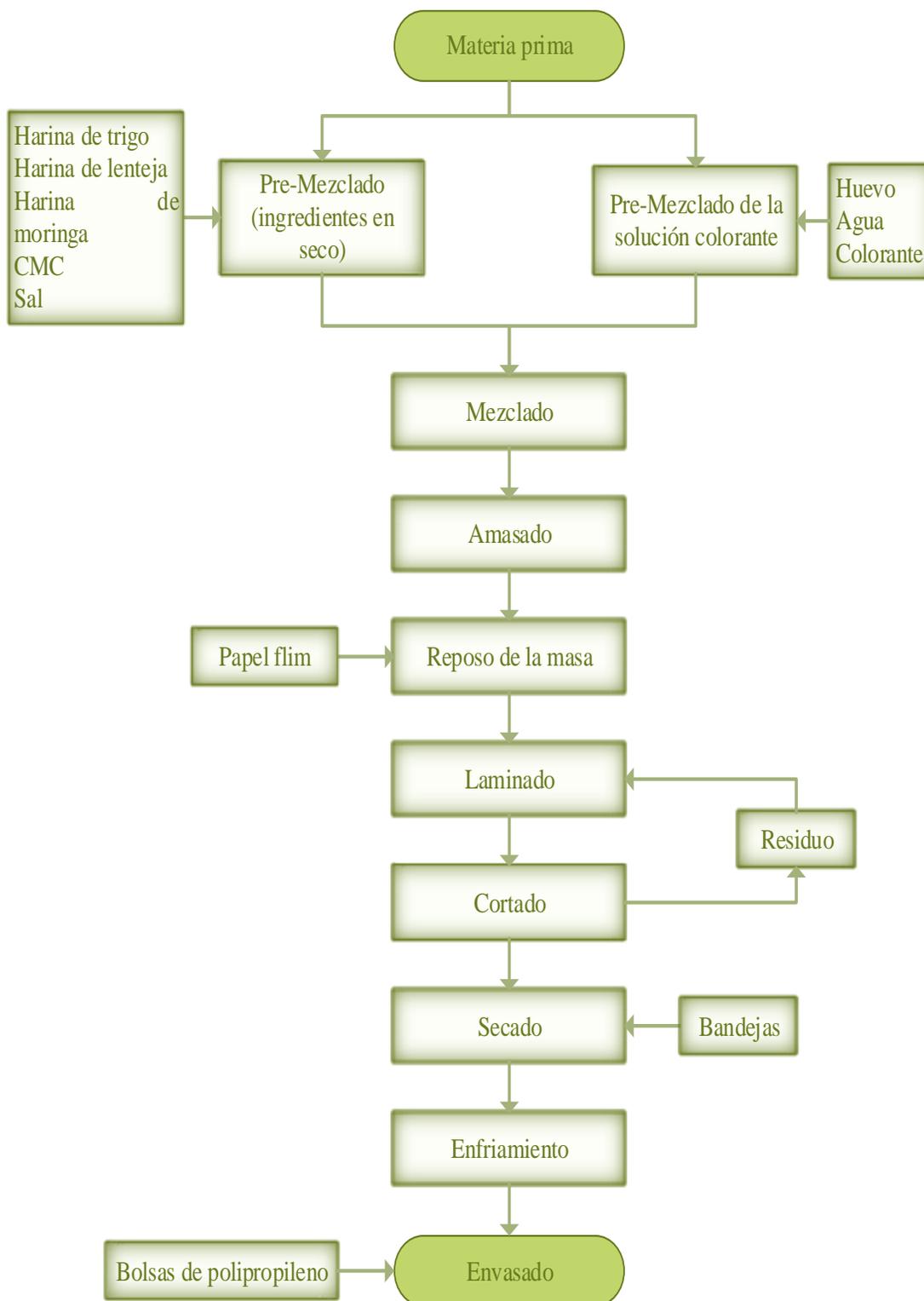
#### *Aditivos alimentarios*

Aditivos	Cantidad (%)	Calidad	Procedencia
CMC	2.45	Industrial	Tarija
Colorante	0,06	Industrial	Tarija
Sal	0,89	Industrial	La Paz

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.6 Proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa

En la figura 3.9, se muestra el proceso de “elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa”.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.9.** Proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa

### **3.7 Descripción del proceso para la elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa**

Los procesos de elaboración a nivel experimental de pasta tipo tallarín se describen en las siguientes etapas.

#### **3.7.1 Materia prima**

Las materias primas que se utilizaron para el proceso de elaboración de pasta tipo tallarín fueron harina de trigo (000), harina de lenteja (supermercado Tarija) y harina de moringa (procedente de La Paz).

#### **3.7.2 Pre-mezclado**

Se realizaron dos pre-mezclados, que se realizó de la siguiente manera:

- **Pre-mezclado (ingredientes en seco):** primeramente, se procedió a mezclar las harinas (61 a 62 %) y los aditivos (2 a 3 %) de forma manual, con el fin de obtener una mezcla homogénea.
- **Pre-mezclado de la solución colorante:** luego se procedió a mezclar el huevo (24 a 25 %), agua (9 a 10 %) y colorante (0,04 a 0,06 %) de forma manual, con el fin de obtener una solución homogénea.

#### **3.7.3 Mezclado**

El proceso inicia con la incorporación de la solución colorante, para entremezclar con la mezcla seca, realizado de forma manual en un bol de acero inoxidable con la ayuda de una paleta, facilitando de esa manera la operación siguiente.

#### **3.7.4 Amasado**

Después de la etapa de mezclado, se dio paso al amasado que se realizó manualmente formando una masa suave y homogénea, durante un tiempo de 8 a 10 minutos.

### **3.7.5 Reposo de la masa**

El reposo corresponde al descanso de la masa, colocándola en un bol por un tiempo de 30 a 40 minutos.

Con el objetivo de obtener la elasticidad y recuperación de la flexibilidad para el mejor manejo de la masa.

### **3.7.6 Laminado**

En esta etapa se usó una laminadora manual, en la que consistió laminar la masa haciéndola pasar entre dos rodillos lisos varias veces, que girando en sentido opuesto compactan la masa obteniendo una lámina. Los rodillos se gradúan según los niveles de abertura de la maquina en este caso son 6, que deben abrirse o cerrarse. De esta manera se obtuvo una lámina de color uniforme, lisa y homogénea que posteriormente son cortadas de 20 a 23 centímetros para facilitar la etapa de cortado.

### **3.7.7 Cortado**

Consiste en introducir la masa laminada entre los cilindros de la cortadora, para poder obtener cintas largas o fragmentos uniformes. Los pequeños trozos de pasta pasan a ser laminados para luego nuevamente ser cortados.

### **3.7.8 Secado**

El secado de la pasta se realizó en un secador a bandejas con un sistema de circulación de aire caliente. Esta operación se llevó a cabo a temperaturas de (40 a 45 °C) entre 5 a 5 1/2 horas respectivamente con una velocidad de corriente de aire de 5 m/s de manera constante medido con un anemómetro. Las pastas trefiladas se disponen en bandejas que luego son colocadas en el secador previamente calentado, se hace circular aire caliente entre las bandejas por medio del generador de aire, con el fin de que el calor pueda circular de manera homogénea por todo el equipo. Tiene como objetivo reducir el contenido de humedad de la pasta.

### 3.7.9 Enfriamiento

La pasta requiere un enfriamiento tan pronto como finaliza el proceso de secado, por lo que se realizó en las bandejas, retirándolas del secador a un lugar seco y fresco hasta que el producto se encuentre a temperatura ambiente. El tiempo para esta fase es de 5 minutos.

### 3.7.10 Envasado

Una vez que la pasta se encuentra a temperatura ambiente, se procede a envasarla en bolsas de polipropileno, que luego son selladas para asegurar que el aire del ambiente no ingrese al envase y de esa manera facilitar el manejo, proporcionar seguridad y durabilidad del producto.

## 3.8 Caracterización de las materias primas

Los métodos utilizados para realizar la caracterización general de las materias primas y producto final para llevar a cabo la parte experimental, se realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) ubicado en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

### 3.8.1 Propiedades físico-químicas de la harina de trigo y harina de lenteja

En la tabla 3.4 se muestran los parámetros y métodos a tomar en cuenta para los análisis fisicoquímicos que fueron realizados en el CEANID.

**Tabla 3.4**

*Parámetros fisicoquímicos de las harinas*

Parámetros	Métodos	Unidades
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313010:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g

**Fuente:** CEANID, 2019

### 3.8.2 Análisis de minerales de la harina de moringa

En la tabla 3.5 se muestran las técnicas para la determinación de los análisis de calcio y magnesio de la harina de moringa.

**Tabla 3.5**

#### *Análisis de los minerales de la harina de moringa*

Parámetros	Métodos	Unidades
Calcio	Absorción atómica	Mg/100 g
Magnesio	Absorción atómica	Mg/100 g

**Fuente:** CEANID, 2019

### 3.8.3 Análisis microbiológico del huevo

En la tabla 3.6 se muestran los parámetros que se tomaran en cuenta para el análisis microbiológico del huevo.

**Tabla 3.6**

#### *Análisis microbiológico del huevo*

Parámetros	Métodos	Unidades
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/g
Salmonella	NB 32007:03	P/A/25g

**Fuente:** CEANID, 2019

### 3.8.4 Propiedades físico-químicas del producto terminado

En la tabla 3.7 se describen los parámetros analizados para la caracterización físico-química del producto terminado.

**Tabla 3.7**

#### *Análisis físicoquímicos del producto terminado*

Parámetros	Métodos	Unidades
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313010:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g

**Fuente:** CEANID, 2019

### 3.8.5 Análisis microbiológico del producto terminado

En la tabla 3.8 se muestran los parámetros que se tomarán en cuenta para el análisis microbiológico del producto terminado son:

**Tabla 3.8**

*Métodos de análisis microbiológicos del producto terminado*

Parámetros	Métodos	Unidades
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/g
Bacterias aerobias mesófilos	NB 32007:03	P/A/25g

**Fuente:** CEANID, 2019

### 3.8.6 Análisis de minerales del producto terminado

En la tabla 3.5 se muestran las técnicas para la determinación de los análisis de calcio, magnesio y hierro del producto terminado.

**Tabla 3.9**

*Análisis de los minerales del producto terminado*

Parámetros	Métodos	Unidades
Calcio	Absorción atómica	Mg/100 g
Magnesio	Absorción atómica	Mg/100 g
Hierro	Absorción atómica	Mg/100 g

**Fuente:** CEANID, 2019

## 3.9 Análisis organoléptico de alimentos

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre: desde su infancia y de una forma consiente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos. De esta forma, se establecen unos criterios para la selección de los alimentos, criterios que inciden sobre una de las facetas de la calidad global del alimento, la calidad sensorial. La evaluación de esta calidad se lleva a cabo mediante una disciplina científica, el análisis sensorial, cuyo instrumento de medida es el propio hombre (Ibáñez, 2001).

“Como disciplina científica es usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades sensoriales de los alimentos y otros materiales, y que

son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído” (Ureña, 1999. Pág. 12).

En la tabla 3.6 se detallan las evaluaciones sensoriales, que se realizaron para caracterizar las propiedades organolépticas durante el trabajo de investigación.

**Tabla 3.10**

*Evaluaciones sensoriales*

<b>Evaluación sensorial</b>	<b>Grupos o muestras</b>	<b>Atributos</b>	<b>Jueces</b>	<b>Test</b>
Muestras preliminares	Pasta con colorante	Color, sabor, aroma, textura, apelmazamiento	20 jueces no entrenados	Test 1 (Anexo B)
	Pasta con espinaca		20 jueces no entrenados	Test 2 (Anexo B)
	Pasta con espinaca y colorante		20 jueces no entrenados	Test 3 (Anexo B)
Muestra ideal	“PT1, PT5, PT10, PT11”	Color	20 jueces no entrenados	Test 4 (Anexo B)
		Sabor		
		Aroma		
		Textura		
		Apelmazamiento		
Muestra de referencia	“PTA, PTB y PTC”	Color	20 jueces no entrenados	Test 5 (Anexo B)
		Sabor		
		Aroma		
		Textura		
		Apelmazamiento		
Prueba de aceptación	“P044, P115”	Color	20 jueces no entrenados	Test 6 (Anexo B)
		Sabor		

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.10 Diseño experimental

Según (Montgomery, 2004), afirma que el diseño experimental es una herramienta de importancia fundamental en el ámbito de la ingeniería para mejorar el desempeño de un proceso de manufactura. También tiene múltiples aplicaciones en el desarrollo de procesos nuevos. La aplicación de las técnicas del diseño experimental en las fases iniciales del desarrollo de un proceso puede redundar en:

- Mejoras en el rendimiento del proceso.

- Variabilidad reducida y conformidad más cercana en los requerimientos nominales o proyectados.
- Reducción del tiempo de desarrollo.
- Reducción de los costos globales.

El uso del diseño experimental en estas áreas puede redundar en productos cuya fabricación sea más sencilla, en productos que tengan un desempeño y confiabilidad de campo mejorados, en costos de producción más bajos y en tiempos más cortos para el diseño y desarrollo del producto (Montgomery, 2004).

El diseño factorial utilizado en el trabajo experimental, se muestra en la ecuación:

$$2^k \quad \text{(Ecuación. 3.1)}$$

Donde:

- $2$  = Número de niveles
- $K$  = Número de variables

### 3.10.1 Diseño factorial $2^k$

El diseño  $2^k$  es de particular utilidad en las etapas iniciales del trabajo experimental, cuando probablemente se estén investigando muchos factores. Este diseño proporciona el menor número de corridas con las que pueden estudiarse  $k$  factores en un diseño factorial completo. (Montgomery, 2004).

### 3.10.2 Diseño factorial $2^3$

Al tener tres factores, A, B y C, cada uno con dos niveles, son de interés, se llama diseño factorial  $2^3$ , en te caso se realiza ocho combinaciones de tratamientos, utilizando la notación “+” y “-“ para representar los niveles alto y bajo de los factores, las ocho corridas del diseño  $2^3$  pueden enlistarse como en la tabla 3.7, se le conoce como la matriz del diseño. Las combinaciones de los tratamientos en el orden estándar se escriben como (1), a, b, ab, c, ac, bc y abc (Montgomery, 2004).

### 3.10.3 Diseño factorial $2^3$ en la etapa de secado de la elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa

Para realizar el diseño experimental en la etapa de secado de la pasta tipo tallarín con harina de lenteja y moringa, se aplicó de acuerdo a la (Ecuación 3.1). El diseño experimental corresponde a:

$$2^3 = 2*2*2 = 8 \text{ corridas / prueba}$$

Donde los niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- T = temperatura (°C) (A) = 2 niveles
- E = espesor de la muestra (mm) (B) = 2 niveles
- C = carboximetil celulosa (g) (C) = 2 niveles

En la tabla 3.7, se muestra la matriz del diseño experimental aplicado en el secado, para la elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa, compuesta por tres variables: temperatura (A), espesor de la muestra (B) y carboximetil celulosa (C).

**Tabla 3.11**

*Diseño factorial de la matriz de variables para el proceso de secado*

Corridas	Variables			Interacciones				Respuesta
	T	E	C	TE	TC	EC	TEC	$Y_i$
1	-	-	-	+	+	+	-	$Y_1$
2	+	-	-	-	-	+	+	$Y_2$
3	-	+	-	-	+	-	+	$Y_3$
4	+	+	-	+	-	-	-	$Y_4$
5	-	-	+	+	-	-	+	$Y_5$
6	+	-	+	-	+	-	-	$Y_6$
7	-	+	+	-	-	+	-	$Y_7$
8	+	+	+	+	+	+	+	$Y_8$

**Fuente:** Elaboración propia

Donde:

- $Y_i$  = Porcentaje de humedad

En la tabla 3.8, se muestran los niveles de variación de los factores (nivel superior y nivel inferior) aplicados en el proceso de secado.

**Tabla 3.12**

*Niveles de variación de los factores*

<b>Variables</b>	<b>Nivel superior</b>	<b>Nivel inferior</b>
Temperatura	50 °C	40 °C
Espesor de la muestra	3 mm	2 mm
Carboximetil celulosa	3,62 %	2,45 %

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.1 Propiedades fisicoquímicas de la materia prima

La tabla 4.1, indica los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de trigo.

**Tabla 4.1**

*Propiedades fisicoquímicas de la harina de trigo*

Parámetro	Unidad	Cantidad
Ceniza	%	0,75
Fibra	%	n. d.
Grasa	%	1,31
Hidratos de carbono	%	74,46
Humedad	%	11,88
Proteína total	%	11,60
Valor energético	Kcal/100g	356,03

**Fuente:** CEANID, 2019

En la tabla 4.1, se puede observar que la harina de trigo contiene: ceniza 0,75%; fibra n.d.; grasa 1,31%; hidratos de carbono 74,46%; humedad 11,88%; proteína total 11,60% y valor energético 356,03 Kcal/100g.

La tabla 4.2, indica los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de lenteja.

**Tabla 4.2**

*Propiedades fisicoquímicas de la harina de lenteja*

Parámetro	Unidad	Cantidad
Ceniza	%	5,11
Fibra	%	3,37
Grasa	%	1,22
Hidratos de carbono	%	59,93
Humedad	%	11,56
Proteína total	%	18,81
Valor energético	Kcal/100g	289,94

**Fuente:** CEANID, 2019

En la tabla 4.2, se puede observar que la harina de lenteja contiene: ceniza 5,11%; fibra 3,37%; grasa 1,22%; hidratos de carbono 59,93%; humedad 11,56%; proteína total 18,81% y valor energético 289,94 Kcal/100g.

La tabla 4.3, indica los resultados obtenidos del análisis de minerales de la harina de moringa.

**Tabla 4.3**

*Propiedades de los minerales de la harina de moringa*

Parámetro	Unidad	Cantidad
Calcio	mg/100g	1582
Magnesio	mg/100g	194,0

**Fuente:** CEANID, 2019

En la tabla 4.3, se puede observar que la harina de moringa contiene: calcio 1582 mg/100g y magnesio 194,0 mg/100g.

La tabla 4.4, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico del huevo de gallina.

**Tabla 4.4**

*Análisis microbiológico del huevo de gallina*

Parámetro	Unidad	Cantidad
Coliformes fecales	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Salmonella	P/A/25g	Ausencia

**Fuente:** CEANID, 2019

En la tabla 4.4, se puede observar que el huevo de gallina contiene: Coliformes fecales  $< 1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g y ausencia de salmonella.

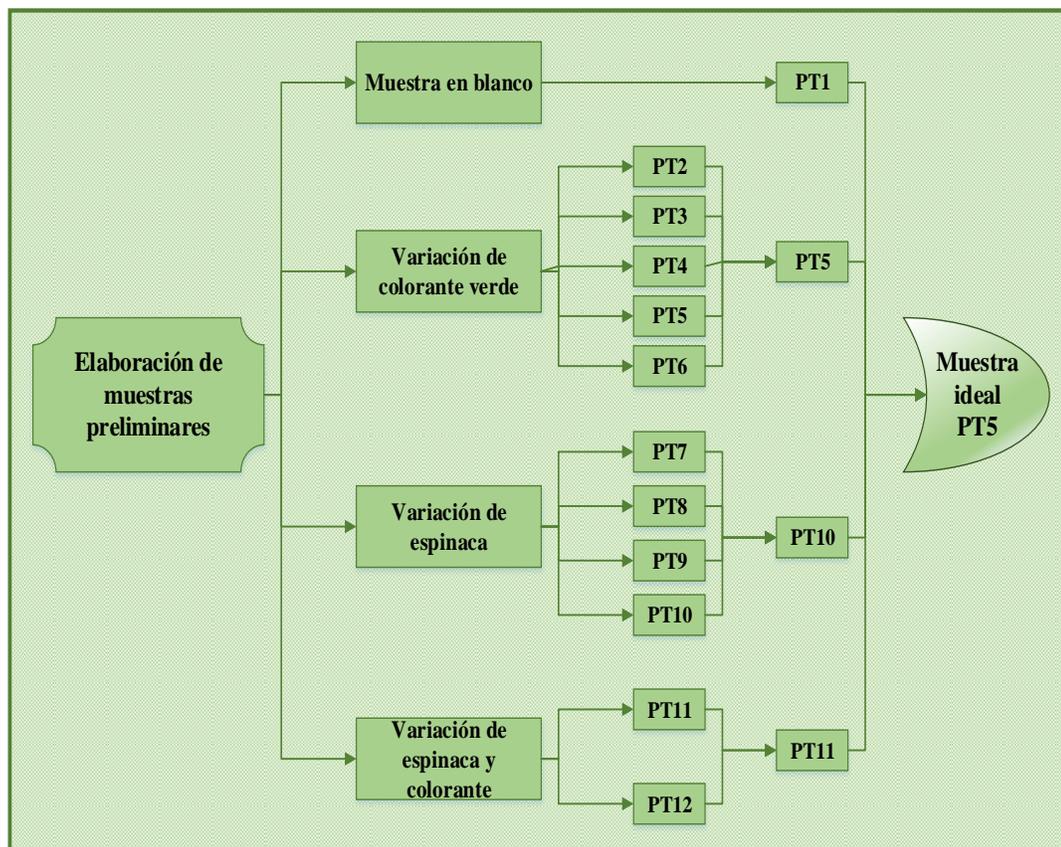
## **4.2 Caracterización de las variables del proceso para pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa**

Para caracterizar las variables del proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

### **4.2.1 Elección de pruebas preliminares para la obtención de muestra de pasta tipo tallarín**

Al no contar en el mercado local de Tarija una pasta enriquecida con harina de lenteja y moringa, para tal efecto a nivel experimental se procedió a elaborar 12 pruebas preliminares (figura 4.1) de las cuales consintió en obtener una pasta prototipo a través

de una evaluación sensorial con jueces no entrenados, las cuales se agruparon según su composición utilizadas para su elaboración prototipo.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.1.** Muestras preliminares para obtener pasta tipo tallarín

#### 4.2.2 Variación de dosificación porcentual de colorante verde en la pasta

En la tabla 4.5, se muestra la variación de la dosificación porcentual de colorante verde para la elaboración de pasta tipo tallarín para un total de cinco muestras preliminares.

**Tabla 4.5**

*Variación en la dosificación porcentual de colorante verde en la pasta*

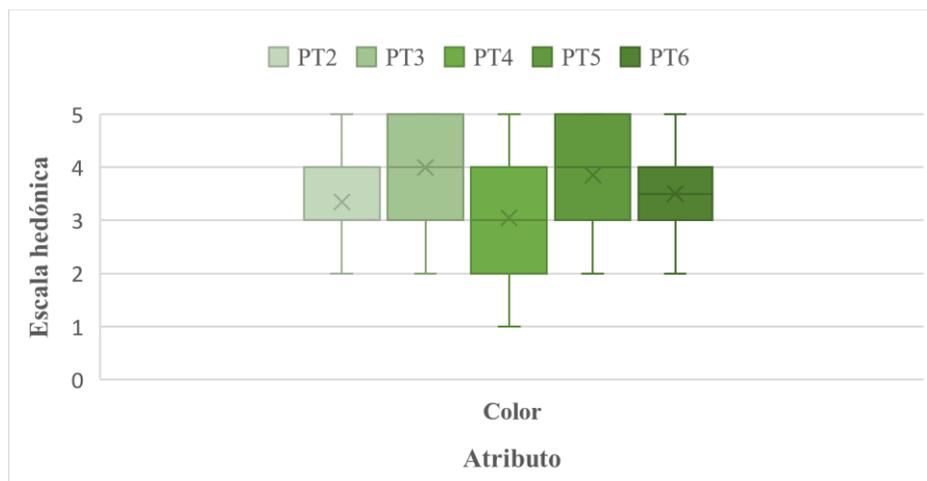
Muestras	Harinas	Insumos	Huevo y agua	Colorante
PT2	59 %	4 %	37 %	0,03 %
PT3	57 %	5 %	38 %	0,05 %
PT4	59 %	4 %	37 %	0,01 %
PT5	57 %	5 %	38 %	0,06 %
PT6	60 %	3 %	37 %	0,02 %

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.5, se procedió a realizar una evaluación sensorial utilizando un test (Anexo B); con veinte jueces no entrenados que evaluaron los atributos color, sabor, aroma, textura y apelmazamiento.

#### 4.2.2.1 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando colorante verde para el atributo color

La figura 4.2, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo color de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.3” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.2.** Caja y bigote en la variación de colorante verde para el atributo color

Para el atributo color, se deduce que la mediana es 4 para la muestra “PT3” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75% de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con las muestras “PT2, PT4, PT5 y PT6” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

##### 4.2.2.1.1 Prueba de Tukey para el atributo color en la variación de colorante verde

En la tabla 4.6, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.6” (Anexo C), para el atributo color.

Tabla 4.6

*Prueba de Tukey para el atributo color en la variación de colorante verde*

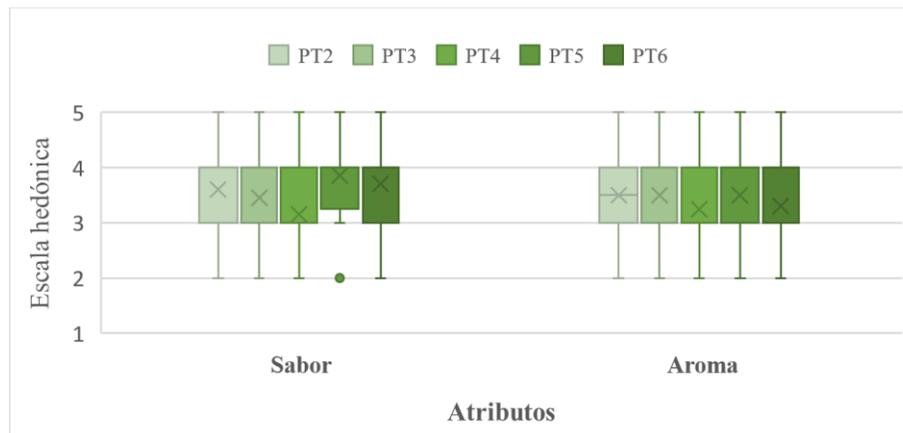
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PT3 – PT4	0,95	0,95 > 0,83	Si hay significancia
PT3 – PT2	0,65	0,65 < 0,83	No hay significancia
PT3 – PT6	0,50	0,50 < 0,83	No hay significancia
PT3 – PT5	0,15	0,15 < 0,83	No hay significancia
PT5 – PT4	0,80	0,80 < 0,83	No hay significancia
PT5 – PT2	0,50	0,50 < 0,83	No hay significancia
PT5 – PT6	0,35	0,35 < 0,83	No hay significancia
PT6 – PT4	0,45	0,45 < 0,83	No hay significancia
PT6 – PT2	0,15	0,15 < 0,83	No hay significancia
PT2 – PT4	0,30	0,30 < 0,83	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.6, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos PT3–PT4. Sin embargo, los tratamientos PT3–PT2, PT3–PT6, PT3–PT5, PT5–PT4, PT5–PT2, PT5–PT6, PT6–PT4, PT6–PT2, PT2–PT4 no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT3 se tomó como la mejor opción en cuanto a color.

#### 4.2.2.2 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando colorante verde para los atributos sabor y aroma

La figura 4.3, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para los atributos sabor y aroma de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.7 y tabla C.8” (Anexo C).



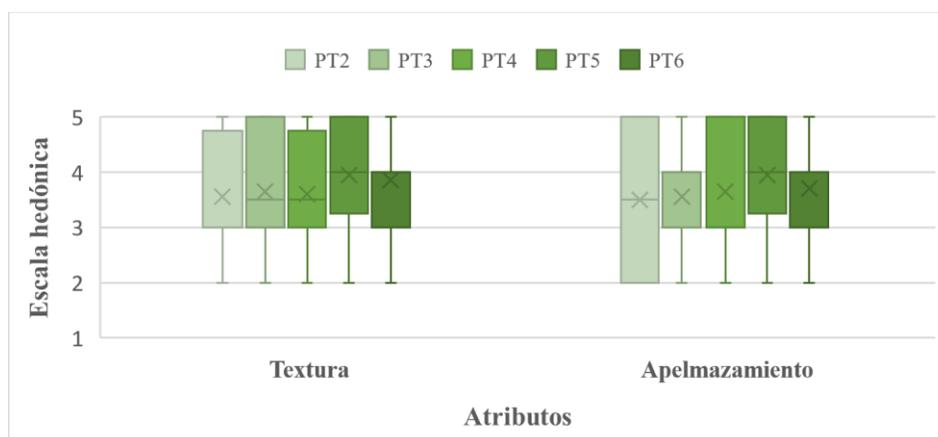
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.3.** Caja y bigote en la variación de colorante verde para los atributos sabor y aroma

Para los atributos sabor y aroma se concluye que las medianas de las muestras PT5 (sabor), PT2, PT3 y PT5 (aroma) próximas al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75 % de la caja, que a su vez cuenta con valores atípicos, por lo que estadísticamente se acepta la hipótesis (Anexo C); no habiendo así diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT5 se tomó como la mejor opción para ambos atributos.

#### 4.2.2.3 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando colorante verde para los atributos textura y apelmazamiento

La figura 4.4, se muestra los resultados para caja y bigote para los atributos textura y apelmazamiento de la pasta tipo tallarín, datos extraídos de la “tabla C.11 y tabla C.12” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.4.** Caja y bigote en la variación de colorante verde para los atributos textura y apelmazamiento

Para los atributos textura y apelmazamiento se concluye que las medianas de la muestra PT5 para ambos atributos están próximas al cuartil 2, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 50 % de la caja, por lo que estadísticamente se acepta la hipótesis (Anexo C); no habiendo así diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT5 se tomó como la mejor opción para ambos atributos.

Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín en cuanto a la variación de colorante verde indicando como muestra ideal la

PT5 a pesar de que  $F_{cal} < F_{tab}$  demostrando que estadísticamente no tiene diferencia significativa, su favoritismo por los jueces respecto a los atributos sabor, aroma, textura y apelmazamiento hizo que quedara sobre las demás muestras, a pesar de que resalto en el atributo color la PT3.

#### 4.2.3 Variación de dosificación porcentual de espinaca en la pasta

En la tabla 4.7, se muestra la variación de la dosificación porcentual de espinaca para la elaboración de pasta tipo tallarín para un total de cuatro muestras preliminares.

**Tabla 4.7**

*Variación en la dosificación porcentual de espinaca en la pasta*

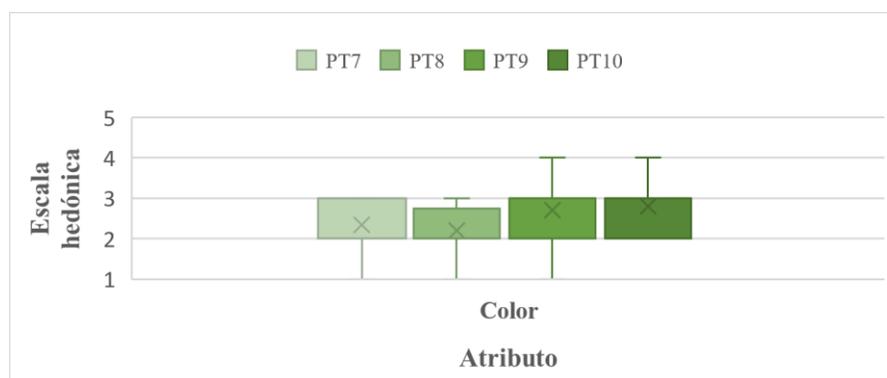
Muestras	Harinas	Insumos	Huevo	Espinaca
PT7	59 %	4 %	19 %	18 %
PT8	58 %	4 %	19 %	19 %
PT9	57 %	4 %	25 %	14 %
PT10	62 %	4 %	22 %	12 %

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.7 se procedió a realizar una evaluación sensorial utilizando un test (Anexo B); con veinte jueces no entrenados que evaluaron los atributos color, sabor, aroma, textura y apelmazamiento.

##### 4.2.3.1 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando la espinaca para el atributo color

La figura 4.5, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo color de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.15” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.5.** Caja y bigote en la variación de espinaca para el atributo color

Para el atributo color, se deduce que la mediana es 2,8 para la muestra “PT10” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75% de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con las muestras “PT7, PT8 y PT9” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

#### 4.2.3.1.1 Prueba de Tukey para el atributo color en la variación de espinaca

En la tabla 4.8, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.6” (Anexo C), para el atributo color.

**Tabla 4.8**

*Prueba de Tukey para el atributo color en la variación de espinaca*

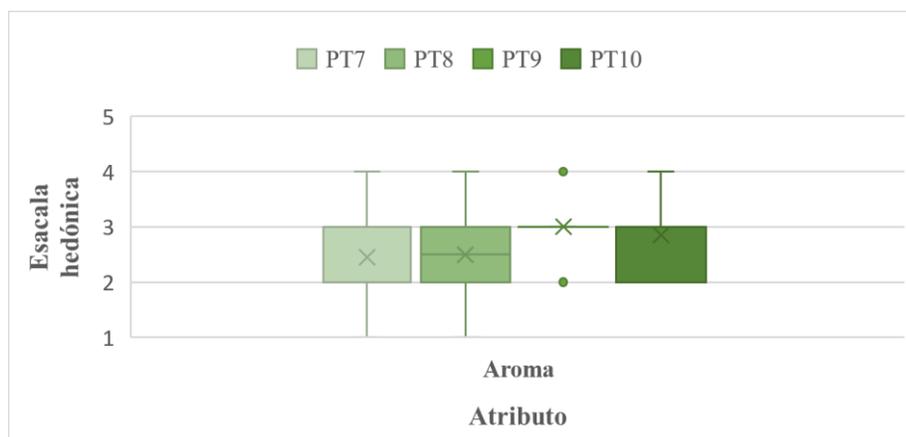
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PT10 – PT8	0,60	$0,60 > 0,47$	<b>Si hay significancia</b>
PT10 – PT7	0,45	$0,45 < 0,47$	No hay significancia
PT10 – PT9	0,10	$0,10 < 0,47$	No hay significancia
PT9 – PT8	0,50	$0,50 > 0,47$	<b>Si hay significancia</b>
PT9 – PT7	0,35	$0,35 < 0,47$	No hay significancia
PT7 – PT8	0,15	$0,15 < 0,47$	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.8, se puede observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos PT10–PT8, PT9–PT8. Sin embargo, los tratamientos PT10–PT7, PT10–PT9, PT9–PT7, PT7–PT8 no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT10 se tomó como la mejor opción en cuanto a color.

#### 4.2.3.2 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando la espinaca para el atributo aroma

La figura 4.6, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo aroma de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.19” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.6.** Caja y bigote en la variación de espinaca para el atributo aroma

Para el atributo aroma, se deduce que la mediana es 3 para la muestra “PT9” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75% de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con las muestras “PT7, PT8 y PT9” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

#### 4.2.3.2.1 Prueba de Tukey para el atributo color en la variación de espinaca

En la tabla 4.9, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.22” (Anexo C), para el atributo aroma.

**Tabla 4.9**

*Prueba de Tukey para el atributo aroma en la variación de espinaca*

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PT9 – PT7	0,55	$0,55 > 0,53$	<b>Si hay significancia</b>
PT9 – PT8	0,50	$0,50 < 0,53$	No hay significancia
PT9 – PT10	0,15	$0,15 < 0,53$	No hay significancia
PT10 – PT7	0,40	$0,40 < 0,53$	No hay significancia
PT10 – PT8	0,35	$0,35 < 0,53$	No hay significancia
PT8 – PT7	0,05	$0,05 < 0,53$	No hay significancia

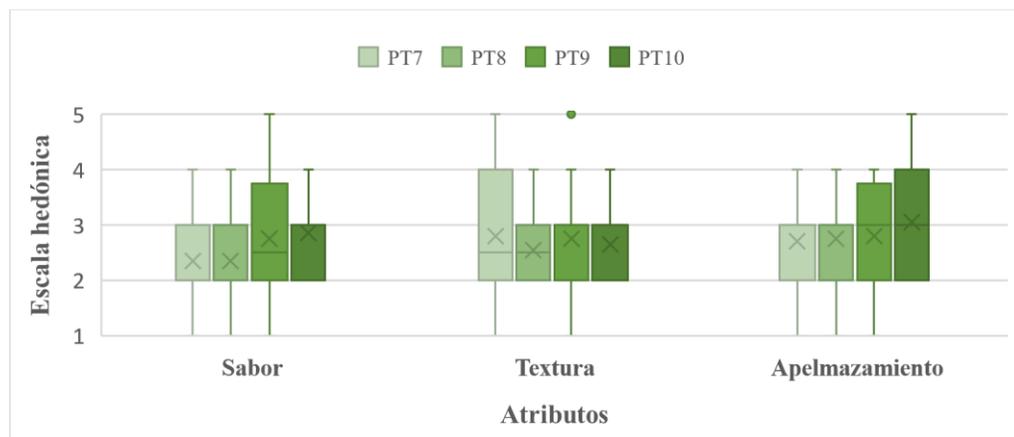
**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.9, se puede observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos PT9–PT7. Sin embargo, los tratamientos PT9–PT8, PT9–PT10, PT10–PT7, PT10–PT8, PT8–PT7 no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero

analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT9 se tomó como la mejor opción en cuanto al aroma.

#### 4.2.3.3 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando la espinaca para los atributos sabor, textura y apelmazamiento

La figura 4.7, se muestra los resultados para caja y bigote para los atributos sabor, textura y apelmazamiento de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.23, tabla C.24 y tabla C.27” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.7.** Caja y bigote en la variación de espinaca para los atributos sabor, textura y apelmazamiento

Para los atributos sabor, textura y apelmazamiento se concluye que las medianas de las muestras PT10 (sabor y apelmazamiento) y PT7 (textura) próximas al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75 % de la caja, que a su vez cuenta con valores atípicos, por lo que estadísticamente se acepta la hipótesis (Anexo C); no habiendo así diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT10 se tomó como la mejor opción para los atributos sabor y apelmazamiento; la muestra PT7 para el atributo textura.

Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín en cuanto a la variación de la espinaca indicando como muestra ideal la PT10 a pesar de que tiene diferencia significativa para el atributo color y no existiendo estadísticamente para los atributos sabor y apelmazamiento, hubo favoritismo por los

jueces quedando sobre las demás muestras, a pesar de que resalto en el atributo aroma la PT9 y en textura la PT7.

#### 4.2.4 Variación de dosificación porcentual de espinaca y colorante verde en la pasta

En la tabla 4.10, se muestra la variación de la dosificación porcentual de espinaca y colorante verde para la elaboración de pasta tipo tallarín para un total de dos muestras preliminares.

**Tabla 4.10**

*Variación en la dosificación porcentual de espinaca y colorante verde en la pasta*

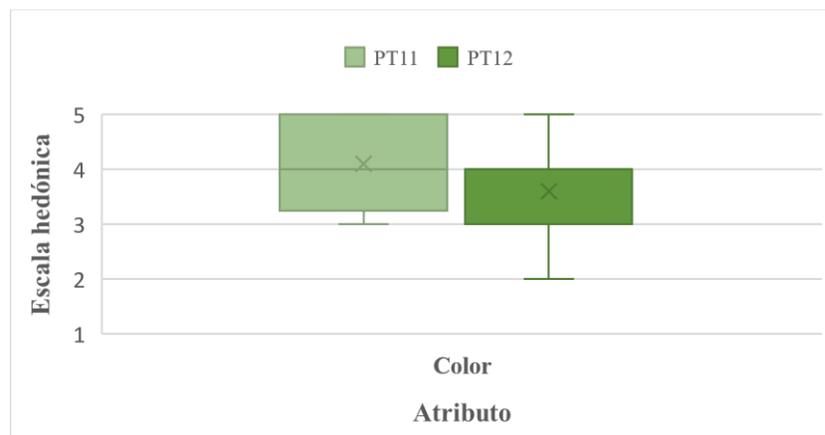
Muestras	Harinas	Insumos	Huevo	Espinaca y colorante
PT11	55 %	4 %	29 %	11 %
PT12	59 %	4 %	28 %	9 %

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.10 se procedió a realizar una evaluación sensorial utilizando un test (Anexo B); con veinte jueces no entrenados que evaluaron los atributos color, sabor, aroma, textura y apelmazamiento.

##### 4.2.4.1 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando espinaca y colorante verde para el atributo color

La figura 4.8, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo color de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.29” (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.8.** Caja y bigote en la variación de espinaca y colorante verde para el atributo color

Para el atributo color, se deduce que la mediana es 4 para la muestra “PT11” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75% de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con la muestra “PT12” presenta una media más baja por lo cual la muestra es rechazada estadísticamente.

#### 4.2.4.1.1 Prueba de Tukey para el atributo color en la variación de espinaca y colorante verde

En la tabla 4.11, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.33” (Anexo C), para el atributo color.

**Tabla 4.11**

*Prueba de Tukey para el atributo color en la variación de espinaca y colorante verde*

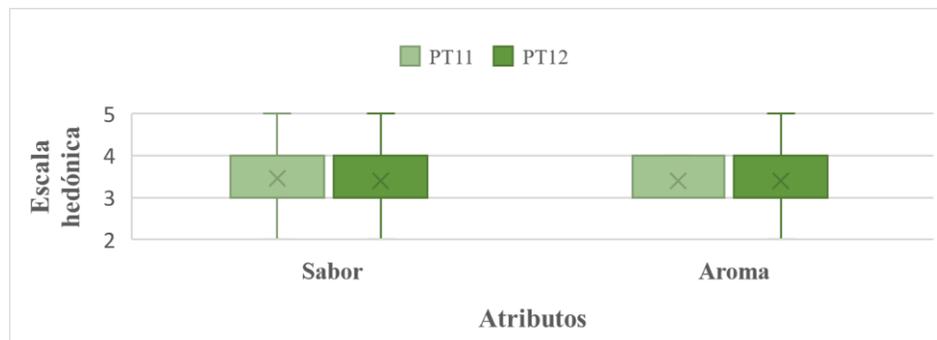
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PT11 – PT12	0,55	$0,55 > 0,44$	Si hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.11, se puede observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos PT11–PT12. Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT11 se tomó como la mejor opción en cuanto a color.

#### 4.2.4.2 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando espinaca y colorante verde para los atributos sabor y aroma

La figura 4.9, se muestra los resultados para caja y bigote para los atributos sabor y aroma de pasta tipo tallarín, datos extraídos de la “tabla C.30 y tabla C.35” (Anexo C).



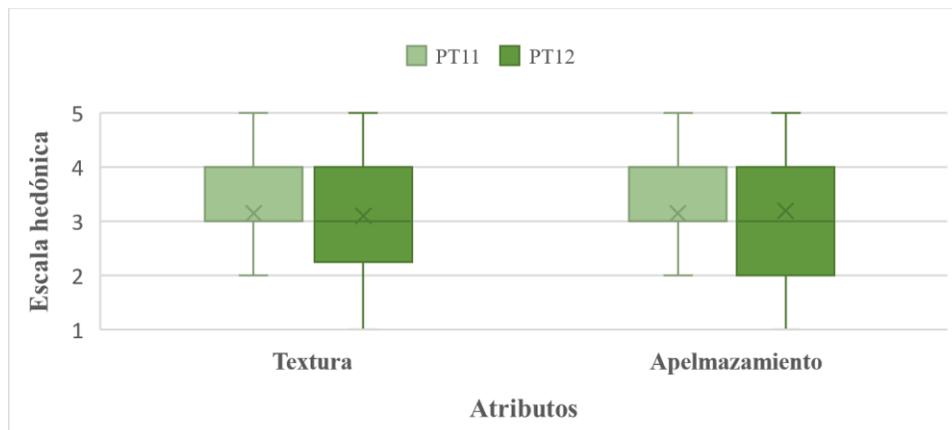
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.9.** Caja y bigote en la variación de espinaca y colorante verde para el atributo sabor y aroma

Para los atributos sabor y aroma se concluye que las medianas de las muestras PT11 (sabor), PT11 y PT12 (aroma) próximas al cuartil 2, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 50 % de la caja, que a su vez cuenta con valores atípicos, por lo que estadísticamente se acepta la hipótesis (Anexo C); no habiendo así diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT11 se tomó como la mejor opción para ambos atributos.

#### 4.2.4.3 Análisis sensorial de la pasta tipo tallarín variando espinaca y colorante verde para los atributos textura y apelmazamiento

La figura 4.10, se muestra los resultados para caja y bigote para los atributos textura y apelmazamiento de pasta tipo tallarín, datos extraídos de la “tabla C.36 y tabla C.37” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.10.** Caja y bigote en la variación de espinaca y colorante verde para el atributo textura y apelmazamiento

Para los atributos textura y apelmazamiento se concluye que las medianas de las muestras PT11 (textura), PT12 (apelmazamiento) próximas al cuartil 1 y 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 25 y 75 % de la caja, por lo que estadísticamente se acepta la hipótesis (Anexo C); no habiendo así diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT11 se tomó como la mejor opción para el atributo textura y la muestra PT12 para el atributo apelmazamiento.

Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín en cuanto a la variación de espinaca y colorante verde indicando como muestra ideal la PT11 demostrando que estadísticamente no tiene diferencia significativa para el atributo textura, sabor y aroma, así mismo para el atributo color existe diferencia estadística, el favoritismo de los jueces hizo que quedara sobre la otra muestra, a pesar de que resalto en el atributo apelmazamiento la PT12.

#### **4.2.5 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la obtención de la muestra ideal**

En la tabla 4.12, se puede observar cuatro muestras seleccionadas según la preferencia de los jueces a través de las evaluaciones sensoriales para la obtención de la muestra ideal en la elaboración de pasta tipo tallarín.

**Tabla 4.12**

##### *Muestras preliminares seleccionadas*

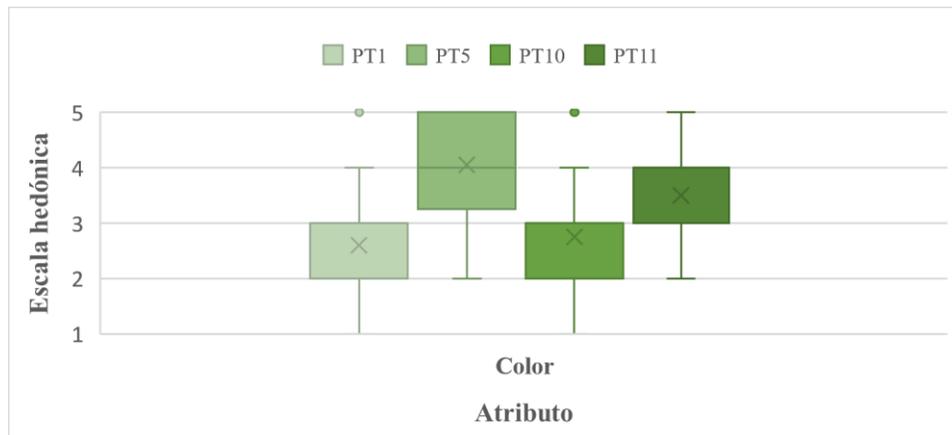
Muestras preliminares
PT1
PT5
PT10
PT11

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.12, se procedió a realizar una evaluación sensorial utilizando un test (Anexo B); con veinte jueces no entrenados que evaluaron los atributos color, sabor, aroma, textura y apelmazamiento.

##### **4.2.5.1 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la obtención de la muestra ideal en el atributo color**

La figura 4.11, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo color de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.41” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.11.** Caja y bigote para la obtención de la muestra ideal en el atributo color

Para el atributo color, se deduce que la mediana es 4,05 para la muestra “PT5” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75% de la caja, que a su vez cuenta con valores atípicos, por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con la muestra “PT1, PT10 y PT11” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

#### 4.2.5.1.1 Prueba de Tukey en el atributo color para la obtención de la muestra ideal

En la tabla 4.13, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.44” (Anexo C), para el atributo color.

**Tabla 4.13**

*Prueba de Tukey para el atributo color para la obtención de la muestra ideal*

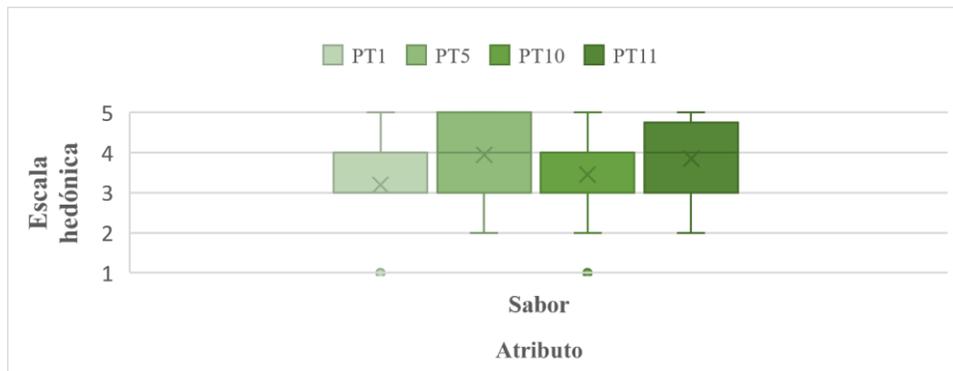
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PT5 – PT1	1,45	1,45 > 0,80	<b>Si hay significancia</b>
PT5 – PT10	1,30	1,30 > 0,80	<b>Si hay significancia</b>
PT5 – PT11	1,00	1,00 > 0,80	<b>Si hay significancia</b>
PT11 – PT1	0,45	0,45 < 0,80	No hay significancia
PT11 – PT10	0,30	0,30 < 0,80	No hay significancia
PT10 – PT1	0,15	0,15 < 0,80	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.5, se puede observar que si existe diferencia estadística entre los tratamientos PT5–PT1, PT5–PT10, PT5–PT11. Sin embargo, los tratamientos PT11–PT1, PT11–PT10, PT10–PT1 no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT5 se tomó como la mejor opción en cuanto a color.

#### 4.2.5.2 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la obtención de la muestra ideal en el atributo sabor

La figura 4.12, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo sabor de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.45” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.12.** Caja y bigote para la obtención de la muestra ideal en el atributo sabor

Para el atributo sabor, se deduce que la mediana es 3,95 para la muestra “PT5” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75% de la caja, que a su vez cuenta con valores atípicos, por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con la muestra “PT1, PT10 y PT11” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

##### 4.2.5.2.1 Prueba de Tukey en el atributo sabor para la obtención de la muestra ideal

En la tabla 4.14, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.48” (Anexo C), para el atributo sabor.

**Tabla 4.14***Prueba de Tukey para el atributo sabor para la obtención de la muestra ideal*

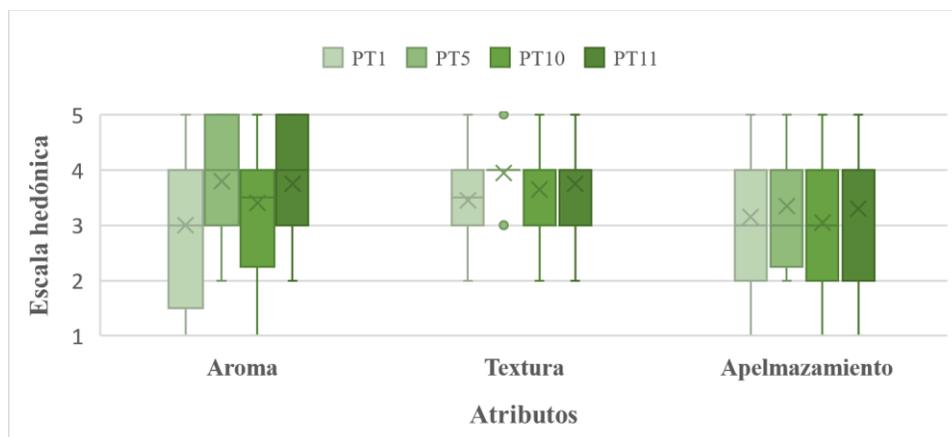
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PT5 – PT1	0,75	$0,75 > 0,73$	<b>Si hay significancia</b>
PT5 – PT10	0,50	$0,50 < 0,73$	No hay significancia
PT5 – PT11	0,10	$0,10 < 0,73$	No hay significancia
PT11 – PT1	0,65	$0,65 < 0,73$	No hay significancia
PT11 – PT10	0,40	$0,40 < 0,73$	No hay significancia
PT10 – PT1	0,25	$0,25 < 0,73$	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.14, se puede observar que si existe diferencia estadística entre los tratamientos PT5–PT1. Sin embargo, los tratamientos PT –PT10, PT5–PT11, PT11–PT1, PT11–PT10, PT10–PT1 no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT5 se tomó como la mejor opción en cuanto a sabor.

#### 4.2.5.3 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la obtención de la muestra ideal en los atributos aroma, textura y apelmazamiento

La figura 4.13, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para los atributos aroma, textura y apelmazamiento de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.49, tabla C.50 y tabla C.53” (Anexo C).

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.13.** Caja y bigote para la obtención de la muestra ideal en los atributos aroma, textura y apelmazamiento

Para los atributos aroma, textura y apelmazamiento se concluye que las medianas de la muestra PT5 (aroma, textura y apelmazamiento) próximas al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75 % de la caja, que a su vez cuenta con valores atípicos, por lo que estadísticamente se acepta la hipótesis (Anexo C); no habiendo así diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PT5 se tomó como la mejor opción para los atributos evaluados.

Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín para obtener la muestra ideal, obteniendo la PT5 demostrando que estadísticamente no tiene diferencia significativa para el atributo textura, aroma y apelmazamiento, así mismo para el atributo color y sabor existe diferencia estadística, el favoritismo de los jueces hizo que quedara sobre las otras muestras.

#### **4.2.6 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la elección de la muestra de referencia**

En la tabla 4.15, se puede observar tres muestras de referencia según la preferencia de los jueces a través de las evaluaciones sensoriales para la obtención de la muestra ideal en la elaboración de pasta tipo tallarín.

**Tabla 4.15**

##### *Muestras de referencia*

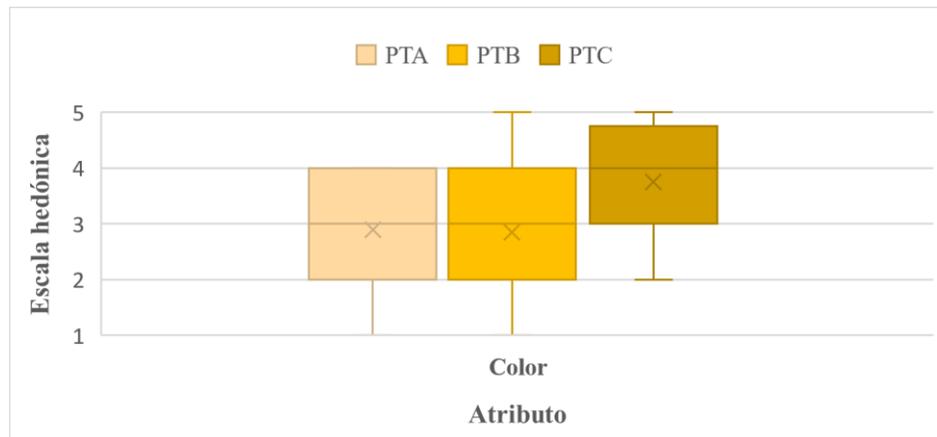
<b>Muestras de referencia de pasta tipo tallarín</b>
PTA
PTB
PTC

**Fuente:** Elaboración propia

En base a las muestras de la tabla 4.15 se procedió a realizar una evaluación sensorial utilizando un test (Anexo B); con veinte jueces no entrenados que evaluaron los atributos color, sabor, aroma, textura y apelmazamiento.

#### **4.2.6.1 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la elección de la muestra de referencia en el atributo color**

La figura 4.14, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo color de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.55” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.14.** Caja y bigote para la elección de la muestra de referencia en el atributo color

Para el atributo color, se deduce que la mediana es 3,75 para la muestra “PTC” próximo al cuartil 2, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 50 % de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con las muestras “PTA y PTB” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

#### 4.2.6.1.1 Prueba de Tukey en el atributo color para la elección de la muestra de referencia

En la tabla 4.16, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.55” (Anexo C), para el atributo color.

**Tabla 4.16**

*Prueba de Tukey para el atributo color para la elección de la muestra de referencia*

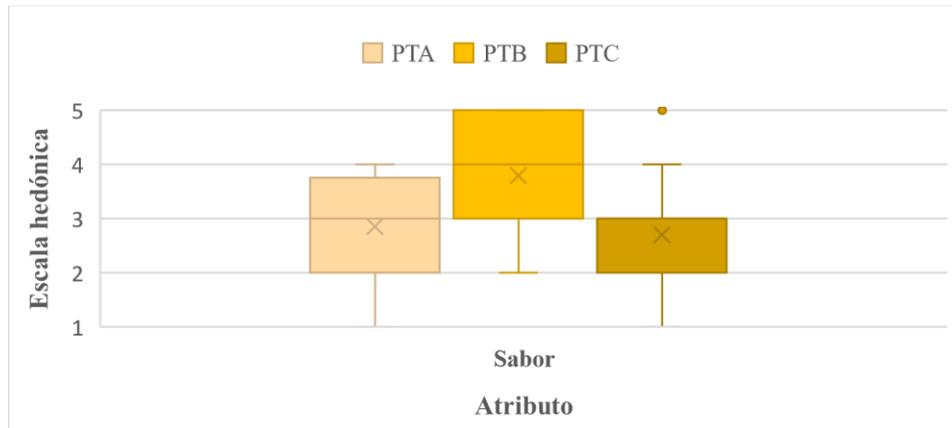
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PTC – PTA	0,90	0,90 > 0,88	<b>Si hay significancia</b>
PTC – PTB	0,85	0,85 < 0,88	No hay significancia
PTA – PTB	0,05	0,05 < 0,88	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.16, se puede observar que si existe diferencia estadística entre los tratamientos PTC–PTA. Sin embargo, los tratamientos PTC–PTB, PTA–PTB no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PTC se tomó como la mejor opción en cuanto a color.

#### 4.2.6.2 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la elección de la muestra de referencia en el atributo sabor

La figura 4.15, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo sabor de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.59” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.15.** Caja y bigote para la elección de la muestra de referencia en el atributo sabor

Para el atributo sabor, se deduce que la mediana es 3 para la muestra “PTB” próximo al cuartil 2, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 50 % de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con las muestras “PTA y PTC” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

##### 4.2.6.2.1 Prueba de Tukey en el atributo sabor para la elección de la muestra de referencia

En la tabla 4.17, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.62” (Anexo C), para el atributo sabor.

**Tabla 4.17**

**Prueba de Tukey para el atributo sabor para la elección de la muestra de referencia**

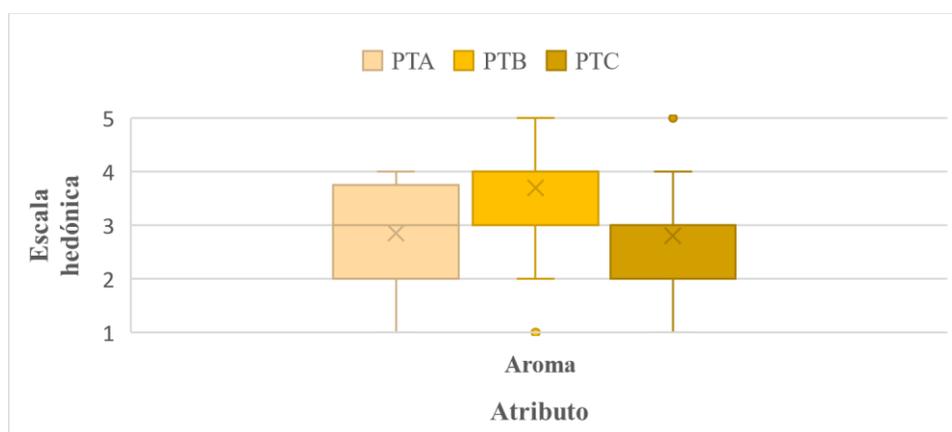
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PTB – PTC	1,10	1,10 > 0,76	<b>Si hay significancia</b>
PTB – PTA	0,95	0,95 > 0,76	<b>Si hay significancia</b>
PTA – PTC	0,15	0,15 < 0,76	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.17, se puede observar que si existe diferencia estadística entre los tratamientos PTB–PTC, PTB-PTA. Sin embargo, los tratamientos PTA–PTC no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PTB se tomó como la mejor opción en cuanto a sabor.

#### 4.2.6.3 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la elección de la muestra de referencia en el atributo aroma

La figura 4.16, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo aroma de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.63” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.16.** Caja y bigote para la elección de la muestra de referencia en el atributo aroma

Para el atributo aroma, se deduce que la mediana es 3,7 para la muestra “PTB” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75 % de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con las muestras “PTA y PTC” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

##### 4.2.6.3.1 Prueba de Tukey en el atributo aroma para la elección de la muestra de referencia

En la tabla 4.18, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.66” (Anexo C), para el atributo aroma.

**Tabla 4.18**

*Prueba de Tukey para el atributo aroma para la elección de la muestra de referencia*

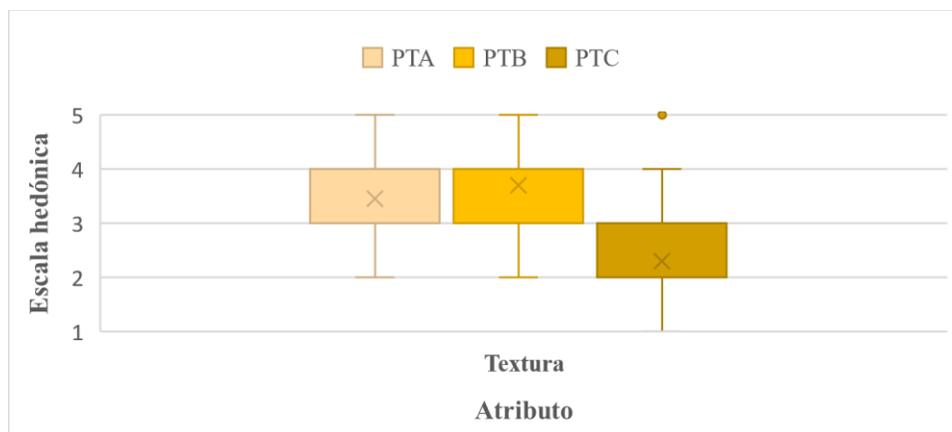
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PTB – PTC	0,90	0,90 > 0,63	<b>Si hay significancia</b>
PTB – PTA	0,85	0,85 > 0,63	<b>Si hay significancia</b>
PTA – PTC	0,05	0,05 < 0,63	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.18, se puede observar que si existe diferencia estadística entre los tratamientos PTB–PTC, PTB-PTA. Sin embargo, los tratamientos PTA–PTC no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PTB se tomó como la mejor opción en cuanto a aroma.

#### 4.2.6.4 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la elección de la muestra de referencia en el atributo textura

La figura 4.17, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo textura de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.67” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.17.** Caja y bigote para la elección de la muestra de referencia en el atributo textura

Para el atributo textura, se deduce que la mediana es 3,7 para la muestra “PTB” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75 % de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con las muestras “PTA y PTC” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

#### 4.2.6.4.1 Prueba de Tukey en el atributo textura para la elección de la muestra de referencia

En la tabla 4.19, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.70” (Anexo C), para el atributo textura.

**Tabla 4.19**

*Prueba de Tukey para el atributo textura para la elección de la muestra de referencia*

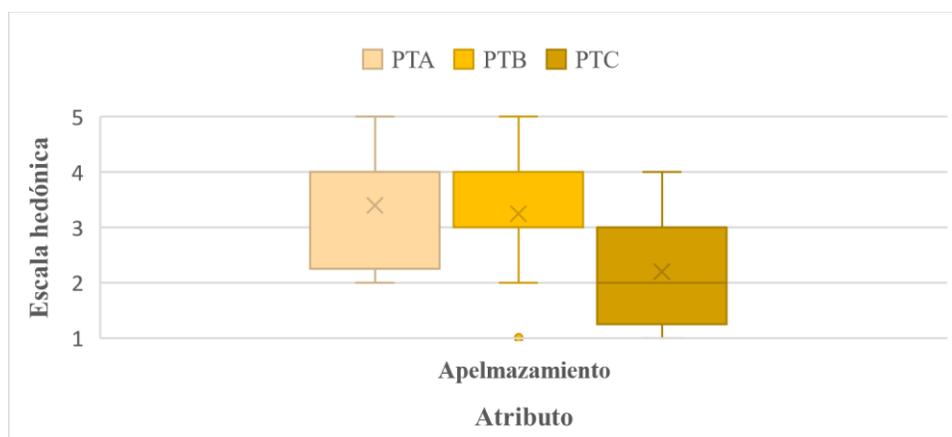
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PTB – PTC	1,40	$1,40 > 0,58$	<b>Si hay significancia</b>
PTB – PTA	0,25	$0,25 < 0,58$	No hay significancia
PTA – PTC	1,15	$1,15 > 0,58$	<b>Si hay significancia</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.19, se puede observar que si existe diferencia estadística entre los tratamientos PTB–PTC, PTA-PTC. Sin embargo, los tratamientos PTB–PTA no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PTB se tomó como la mejor opción en cuanto a textura.

#### 4.2.6.5 Análisis sensorial de las pastas tipo tallarín para la elección de la muestra de referencia en el atributo apelmazamiento

La figura 4.18, muestra los resultados para caja y bigote obtenidos para el atributo apelmazamiento de pasta tipo tallarín, extraídos de la “tabla C.71” (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.18.** Caja y bigote para la elección de la muestra de referencia en el atributo apelmazamiento

Para el atributo apelmazamiento, se deduce que la mediana es 3,4 para la muestra “PTA” próximo al cuartil 3, indicando que las calificaciones de los jueces están agrupadas en el 75 % de la caja por lo que estadísticamente se rechaza la hipótesis, existiendo diferencia significativa; en comparación con las muestras “PTB y PTC” presentan una media más baja por lo cual las muestras son rechazadas estadísticamente.

#### 4.2.6.5.1 Prueba de Tukey en el atributo apelmazamiento para la elección de la muestra de referencia

En la tabla 4.20, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey extraídos de la “tabla C.74” (Anexo C), para el atributo apelmazamiento.

**Tabla 4.20**

*Prueba de Tukey para el atributo apelmazamiento para la elección de la muestra referencia*

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PTA – PTB	0,15	$0,15 < 0,75$	No hay significancia
PTA – PTC	1,20	$1,20 > 0,75$	<b>Si hay significancia</b>
PTB – PTC	1,05	$1,05 > 0,75$	<b>Si hay significancia</b>

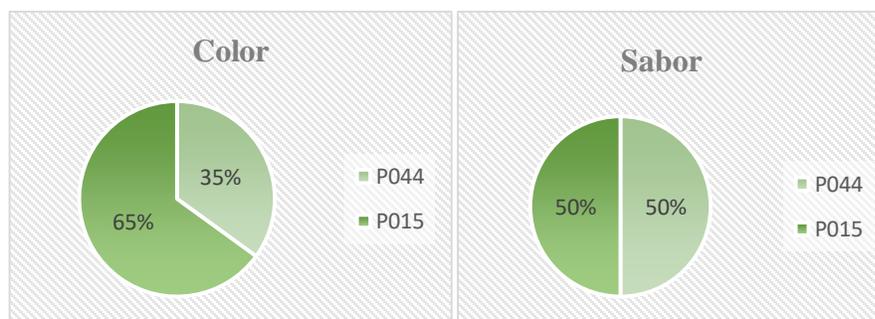
**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.20, se puede observar que si existe diferencia estadística entre los tratamientos PTA–PTC, PTB-PTC. Sin embargo, los tratamientos PTA–PTB no existe diferencia significativa para  $p < 0,05$ . Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra PTA se tomó como la mejor opción en cuanto a color.

Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín para obtener la muestra de referencia, obteniendo la PTB demostrando que estadísticamente no tiene diferencia significativa para el atributo textura, aroma y sabor, así mismo para el atributo color y apelmazamiento existe diferencia estadística, el favoritismo de los jueces hizo que quedara sobre las otras muestras.

#### 4.2.7 Análisis sensorial de la comparación de las pastas tipo tallarín de la muestra referencia y la muestra ideal

La figura 4.19, muestra los resultados de las comparaciones de la muestra de referencia y la muestra ideal, para indicar la diferencia significativa entre los productos, datos extraídos de la “tabla D.1 y tabla D.2” (Anexo D).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.19.** Resultado de la comparación de la muestra referencia y muestra ideal

En la figura 4,19, se muestra el análisis del estadístico T-Student donde indica que  $T_{cal}(0,600) < T_{tab}(2,539)$ ; no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos (muestra) y se acepta la hipótesis para una  $p < 0,01$ . Al final, el 65 % de los jueces optaron por la muestra de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa por sobre la muestra de referencia en cuanto al atributo color.

En la figura 4,19, se muestra el análisis del estadístico T-Student donde indica que  $T_{cal}(0,100) < T_{tab}(2,539)$ ; no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos (muestra) y se acepta la hipótesis para una  $p < 0,01$ . Al final, el 50 % de los jueces optaron por la muestra de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa por sobre la muestra de referencia en cuanto al atributo sabor.

### **4.3 Diseño experimental para el proceso de secado de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa**

Para determinar las variables del proceso de secado de la pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa, se procedió a realizar el diseño  $2^3$ , donde la variable respuesta fue el porcentaje de humedad.

Los resultados obtenidos se detallan en el (Anexo E) y en base a los mismos, se procedió a realizar el análisis estadístico de la variable respuesta (humedad), que se muestran en la tabla 4.21.

**Tabla 4.21**

*Análisis de varianza para el diseño 2<sup>3</sup> de la pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa*

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>F<sub>tab</sub></b>
Total	227,93	15	15,19		
Factor T	2,82	1	2,82	0,14	5,32
Factor E	31,47	1	31,47	1,61	5,32
Interacción T E	11,69	1	11,69	0,59	5,32
Factor C	2,59	1	2,59	0,13	5,32
Interacción T C	1,93	1	1,93	0,09	5,32
Interacción E C	16,40	1	16,40	0,83	5,32
Interacción T E C	4,75	1	4,75	0,24	5,32
Error experimental	156,33	8	19,54		

**Fuente:** Elaboración propia

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4.21), se observa que la temperatura (T), espesor de la muestra (E), carboximetilcelulosa (C) y las interacciones (TE) temperatura–espesor, interacción (TC) temperatura–carboximetil celulosa, interacción (EC) espesor–carboximetil celulosa y la interacción (TEC) temperatura–espesor–carboximetil celulosa, no son significativos en el proceso de secado ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una  $p < 0,05$ .

En base al diseño factorial utilizado en la etapa de secado no existe evidencia estadística significativa para  $p < 0,05$ ; ya que  $F_{cal} < F_{tab}$  para todas las variables tomadas en cuenta. En tal sentido realizando una comparación de la respuesta estadística del análisis sensorial para la dosificación de insumos existe una relación directa con el factor analizado.

#### **4.3.1 Influencia de las variables de la pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa**

La caracterización de las variables de la elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa, se realizó en base a resultados de pérdida de peso, determinándose el contenido de humedad en base seca en función del tiempo. Donde se analizó la influencia de la temperatura de secado, el espesor de la pasta y el carboximetil celulosa.

Para determinar el contenido de humedad en base seca según (Orrego, 1997), se reordeno la (Ecuación 4.1),

$$X = \frac{m_i - m_{ss}}{m_{ss}} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

- $X$  = contenido de humedad en base seca (g agua/g sólido seco)
- $m_i$  = masa inicial de pasta tipo tallarín (g)
- $m_{ss}$  = masa de solido seco de la pasta tipo tallarín (g)

Para realizar los cálculos del contenido de humedad en base seca, se consideró el contenido de humedad de la masa de la pasta. La masa de solido seco se puede estimar a través de la (Ecuación 4.2).

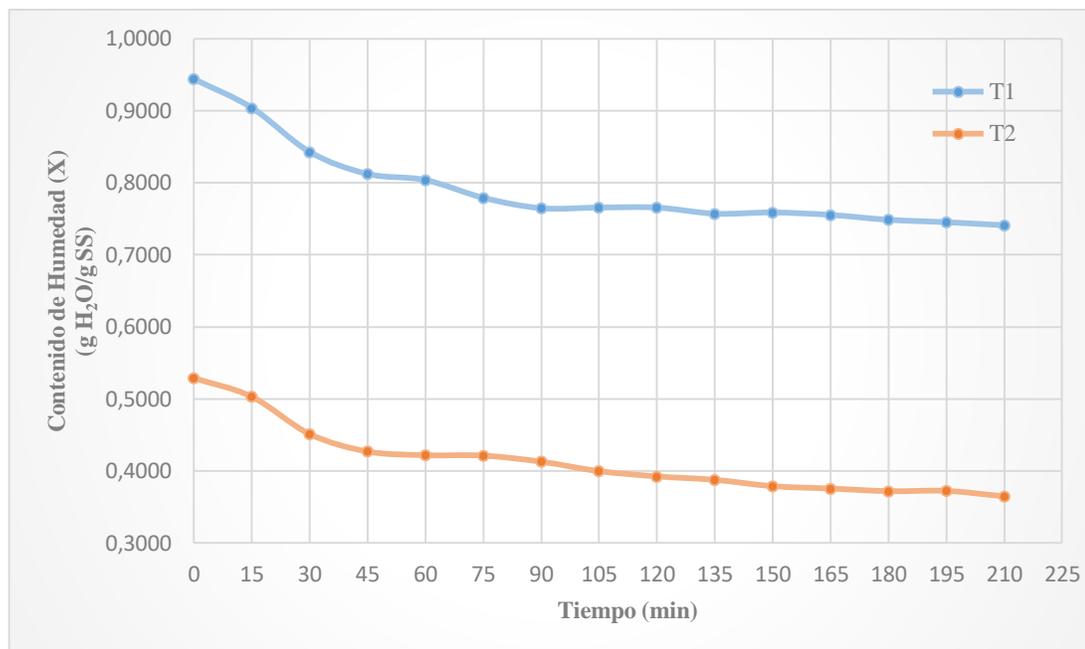
$$m_{ss} = m_i - m_i * (m_i^{H2O}) \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Donde:

- $m_i^{H2O}$  = fracción de contenido de humedad de la pasta tipo tallarín

#### **4.3.2 Influencia de la temperatura en el secado de la pasta tipo tallarín**

En la figura 4.20, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), variando la temperatura entre (40 a 50) °C y manteniendo constante el espesor de la pasta 2,00 mm (E<sub>1</sub>), y el carboximetil celulosa 2,45 % (C<sub>1</sub>).



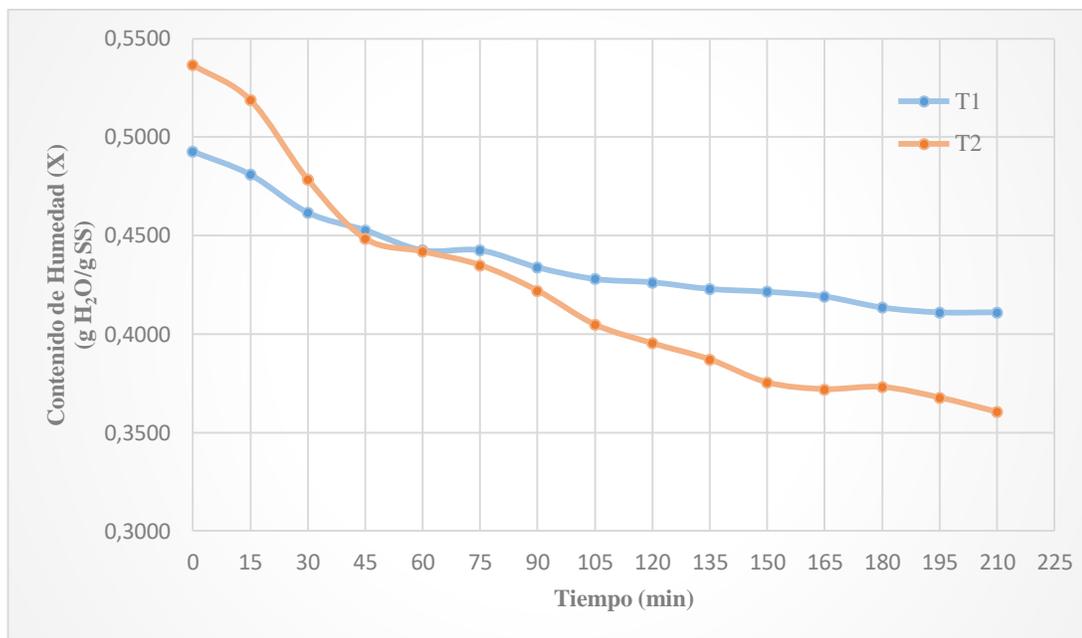
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.20.** Variación del contenido de humedad en función de la temperatura en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.20, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 90 minutos ( $T_1$ ) y 60 minutos ( $T_2$ ).

Por lo que la muestra P01 a temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,7410 (g de agua/ g sólido seco), en comparación la muestra P05 a temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,3646 (g agua/g sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere a la temperatura de secado para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.21, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), variando la temperatura entre (40 a 50) °C y se mantiene constante el espesor de la pasta 3,00 mm ( $E_2$ ) y el carboximetil celulosa 2,45 % ( $C_1$ ).



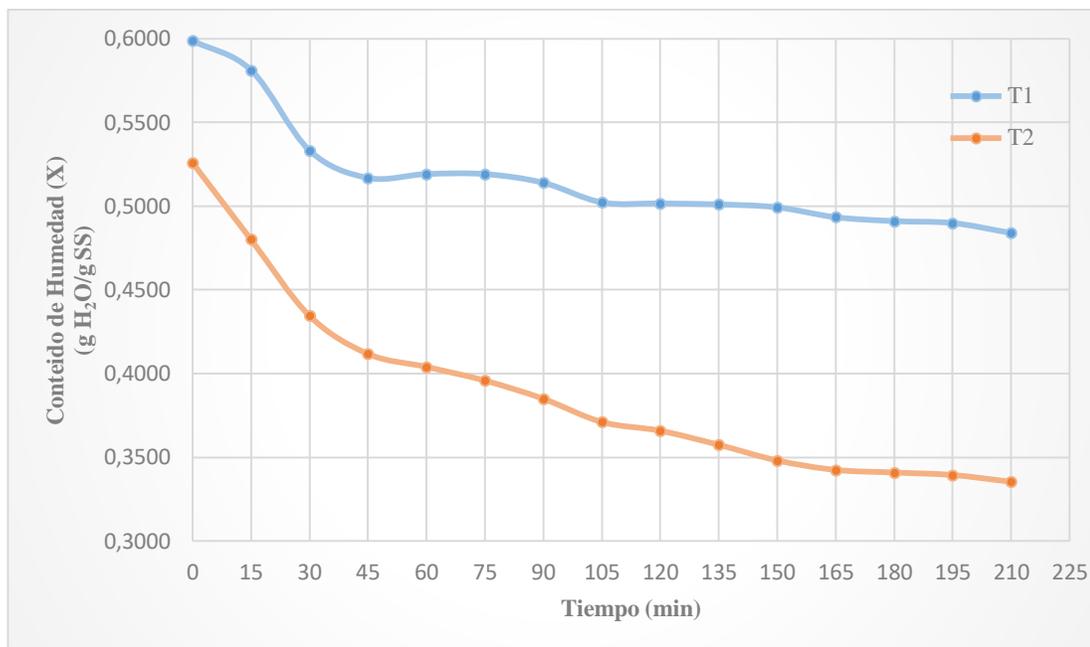
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.21.** Variación del contenido de humedad en función de la temperatura en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.21, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 60 minutos ( $T_1$ ) y 45 minutos ( $T_2$ ).

Por lo que la muestra P03 a temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,4111 (g de agua/ g sólido seco), en comparación la muestra P07 a temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,3605 (g agua/g sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere a la temperatura de secado para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.22, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), variando la temperatura entre (40 a 50) °C y se mantiene constante el espesor de la pasta 2,00 mm ( $E_1$ ) y el carboximetil celulosa 3,62 % ( $C_2$ ).



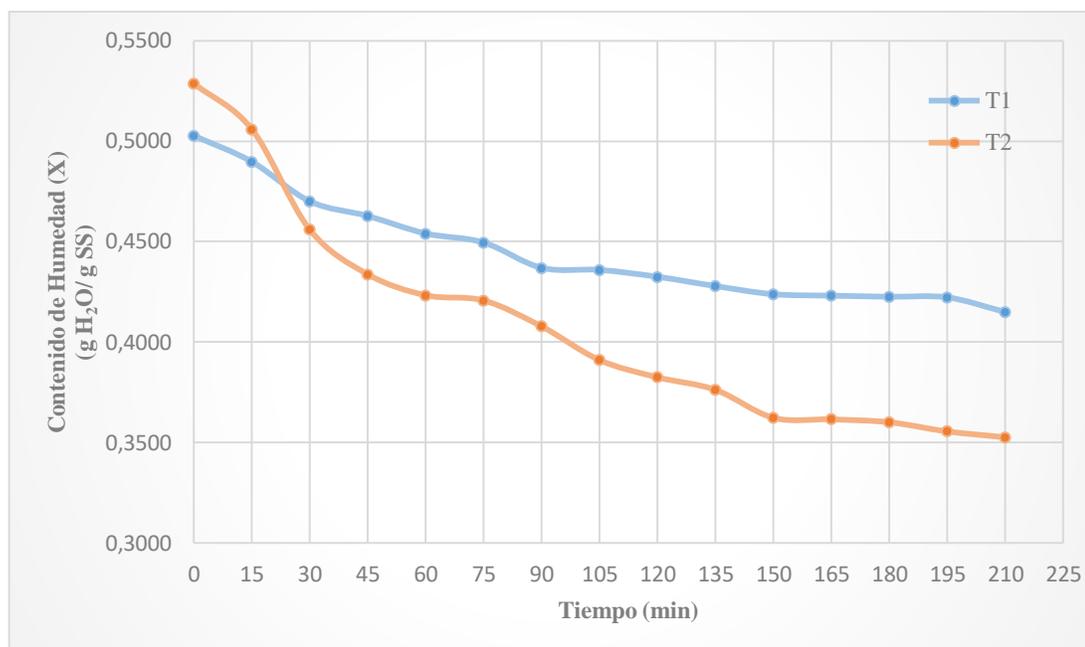
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.22.** Variación del contenido de humedad en función de la temperatura en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.22, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 105 minutos ( $T_1$ ) y 60 minutos ( $T_2$ ).

Por lo que la muestra P02 a temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,4839 (g de agua/ g sólido seco), en comparación la muestra P06 a temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,3353 (g agua/g sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere a la temperatura de secado para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.23, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), variando la temperatura entre (40 a 50) °C y se mantiene constante el espesor de la pasta 3,00 mm ( $E_2$ ) y el carboximetil celulosa 3,62 % ( $C_2$ ).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.23.** Variación del contenido de humedad en función de la temperatura en la pasta tipo tallarín

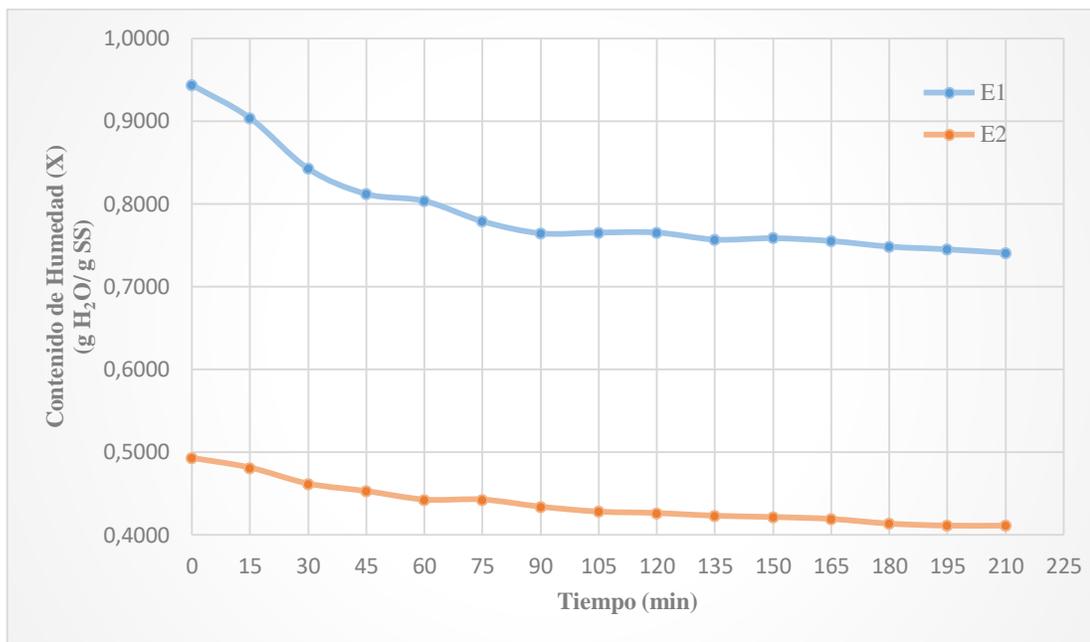
Se observa en la figura 4.23, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 90 minutos ( $T_1$ ) y 60 minutos ( $T_2$ ).

Por lo que la muestra P04 a temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,4151 (g de agua/ g sólido seco), en comparación la muestra P08 a temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,3528 (g agua/g sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere a la temperatura de secado para las muestras de pasta tipo tallarín.

Una vez analizada la influencia de la variable temperatura (40 a 50) °C, se pudo demostrar que a 40 °C la pasta tipo tallarín tiene mayor tiempo de secado que a 50 °C considerando el espesor que tenga la misma, considerando que entre ambas variables la mejor opción para llevar a cabo un proceso de secado óptimo de pastas es a 50 °C permitiendo que la pérdida de humedad del producto sea mayor, mejore la calidad microbiológica y el producto sea resistente durante la cocción.

### 4.3.3 Influencia del espesor en el secado de la pasta tipo tallarín

En la figura 4.24, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), donde el espesor varía de (2 a 3) mm y se mantiene constante la temperatura 40 °C ( $T_1$ ) y el carboximetil celulosa 2,45 % ( $C_1$ ).



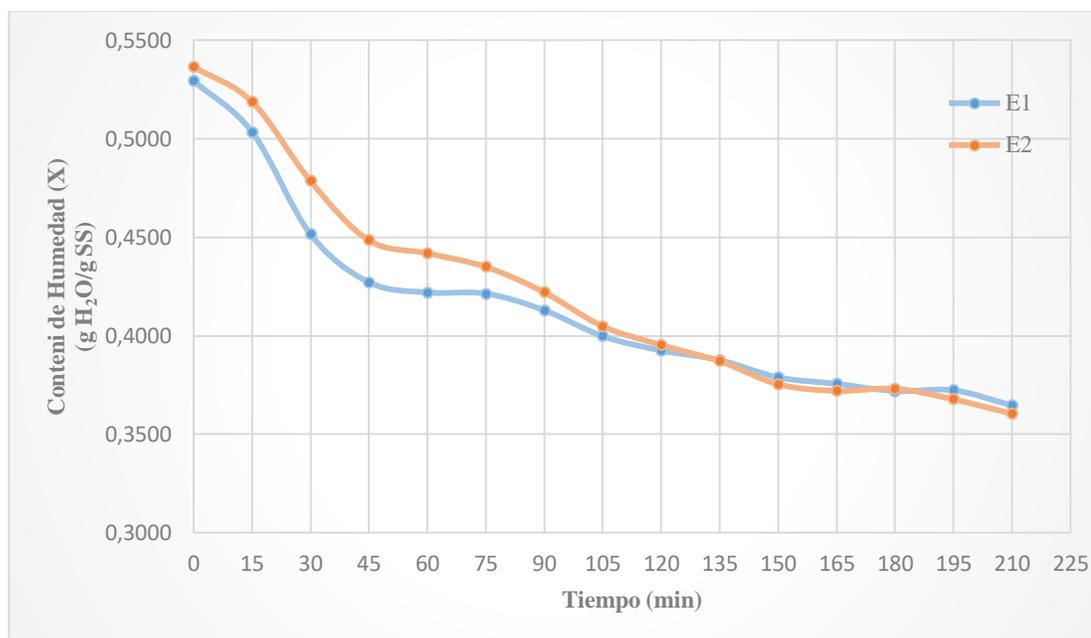
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.24.** Variación del contenido de humedad en función del espesor en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.24, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 90 minutos ( $E_1$ ) y 60 minutos ( $E_2$ ).

Por lo que la muestra P01 a un espesor de 2 mm ( $E_1$ ) a una temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,7410 (g de agua/ g sólido seco), en comparación la muestra P03 con un espesor de 3 mm ( $E_2$ ) a temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,4111 (g agua/g sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere al tipo de espesor para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.25, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), donde el espesor varía de (2 a 3) mm y se mantiene constante la temperatura 50 °C ( $T_2$ ) y el carboximetil celulosa 2,45 % ( $C_1$ ).



**Fuente:** Elaboración propia

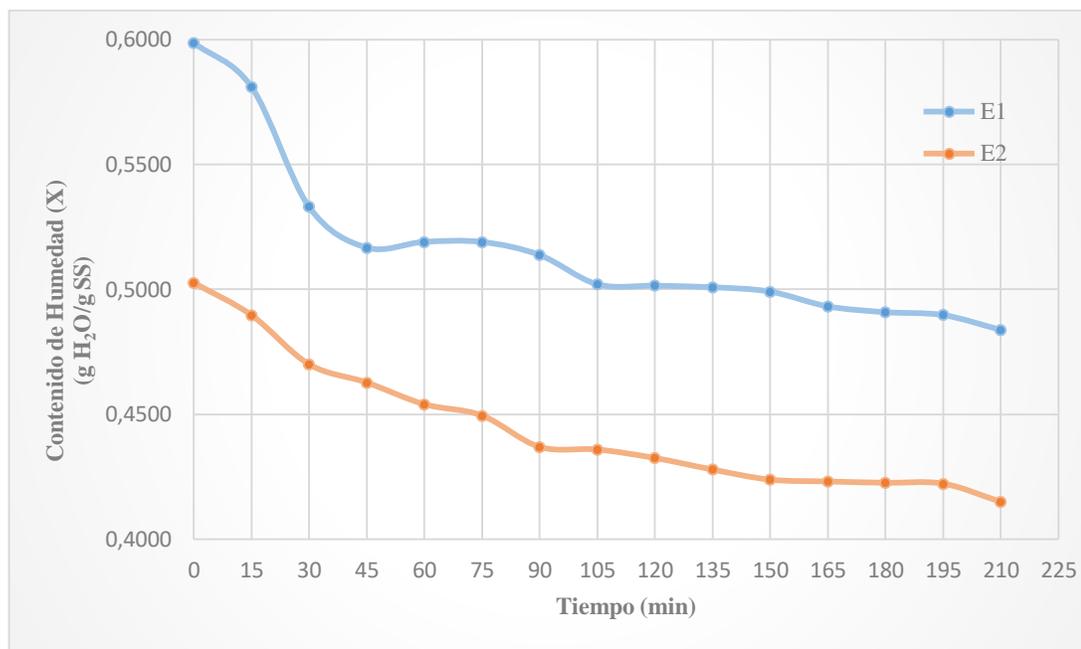
**Figura 4.25.** Variación del contenido de humedad en función del espesor en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.25, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 45 minutos ( $E_1$ ) y 45 minutos ( $E_2$ ).

Por lo que la muestra P05 a un espesor de 2 mm ( $E_1$ ) a una temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,3646 (g de agua/ g sólido seco), en comparación la muestra P07 con un espesor de 3 mm ( $E_2$ ) a temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,3605 (g agua/g sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere al tipo de espesor para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.26, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15

minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), donde el espesor varía de (2 a 3) mm y se mantiene constante la temperatura 40 °C ( $T_1$ ) y el carboximetil celulosa 3,62 % ( $C_2$ ).



**Fuente:** Elaboración propia

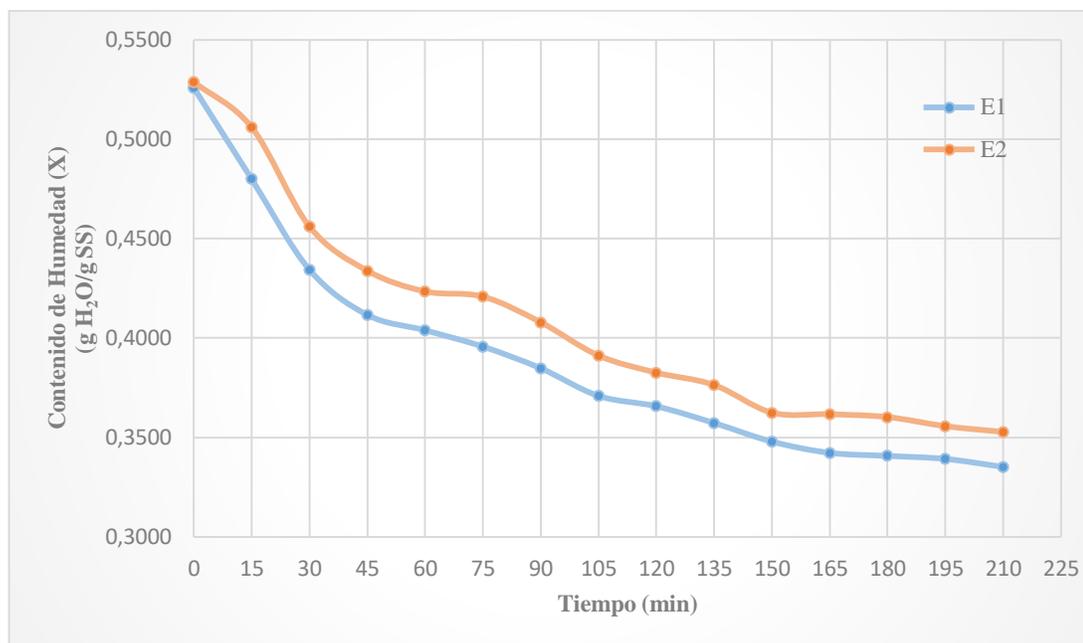
**Figura 4.26.** Variación del contenido de humedad en función del espesor en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.26, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 105 minutos ( $E_1$ ) y 90 minutos ( $E_2$ ).

Por lo que la muestra P02 a un espesor de 2 mm ( $E_1$ ) a una temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,4839 (g de agua/ g sólido seco), en comparación la muestra P04 con un espesor de 3 mm ( $E_2$ ) a temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,4151 (g agua/g sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere al tipo de espesor para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.27, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), donde el espesor varía de (2 a 3)

mm y se mantiene constante la temperatura 50 °C ( $T_2$ ) y el carboximetil celulosa 3,62 % ( $C_2$ ).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.27.** Variación del contenido de humedad en función del espesor en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.27, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 165 minutos ( $E_1$ ) y 150 minutos ( $E_2$ ).

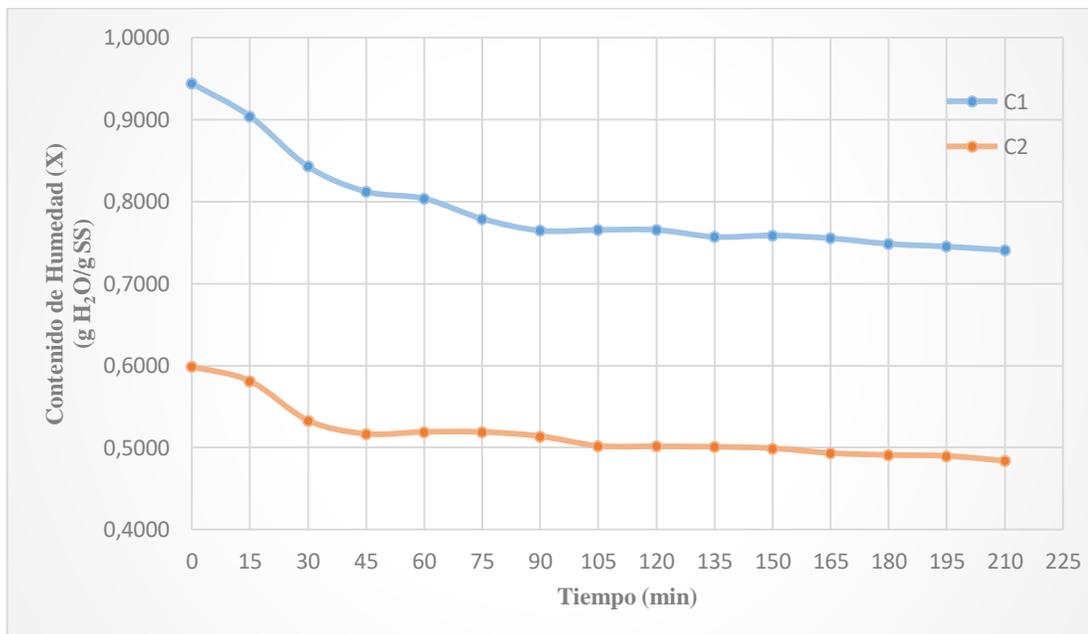
Por lo que la muestra P06 a un espesor de 2 mm ( $E_1$ ) a una temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,3353 (g de agua/ g sólido seco), en comparación la muestra P08 con un espesor de 3 mm ( $E_2$ ) a temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,3528 (g agua/g sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere al tipo de espesor ( $E_1$ ) para las muestras de pasta tipo tallarín.

Una vez analizada la influencia de la variable espesor (2 a 3) mm, se pudo demostrar que a 2 mm la pasta tipo tallarín tiene un buen secado consideradas ambas temperaturas (40 a 50) °C, pero entre ambas variables la mejor opción para llevar a cabo la elaboración de pastas es a un espesor de 3 mm a 50 °C requiriendo de esa manera un

menor tiempo, permitiendo que la pérdida de humedad del producto sea mayor, resistente y firme para su manipulación.

#### 4.3.4 Influencia del carboximetil celulosa en el secado de la pasta tipo tallarín

En la figura 4.28, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), donde el carboximetil celulosa varía de (2,45 a 3,62) % y se mantiene constante la temperatura 40 °C ( $T_1$ ) y el espesor 2 mm g ( $E_1$ ).



**Fuente:** Elaboración propia

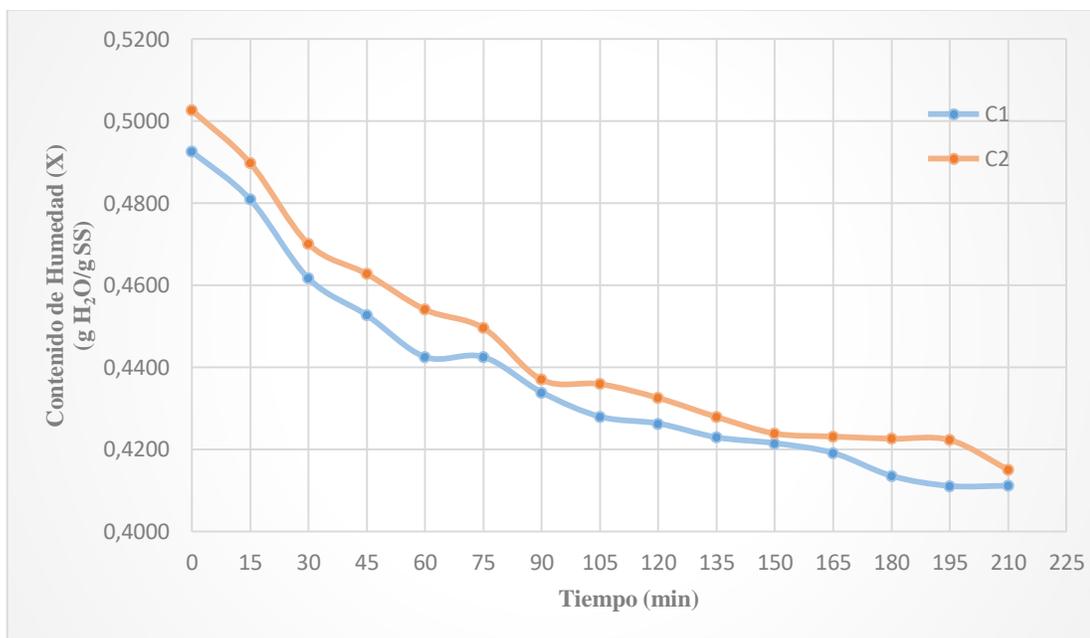
**Figura 4.28.** Variación del contenido de humedad en función del carboximetil celulosa en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.28, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 90 minutos ( $C_1$ ) y 45 minutos ( $C_2$ ).

Por lo que la muestra P01 con carboximetil celulosa al 2,45 % ( $C_1$ ) a una temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,7410 (g de agua/ g solido seco), en comparación la muestra P02 con carboximetil celulosa al 3,62 % ( $C_2$ ) a temperatura

de 40 °C ( $T_1$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,4839 (gagua/gsolidoseco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere al porcentaje de carboximetil celulosa para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.29, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), donde el carboximetil celulosa varía de (2,45 a 3,62) % y se mantiene constante la temperatura 40 °C ( $T_1$ ) y el espesor 3 mm g ( $E_2$ ).



**Fuente:** Elaboración propia

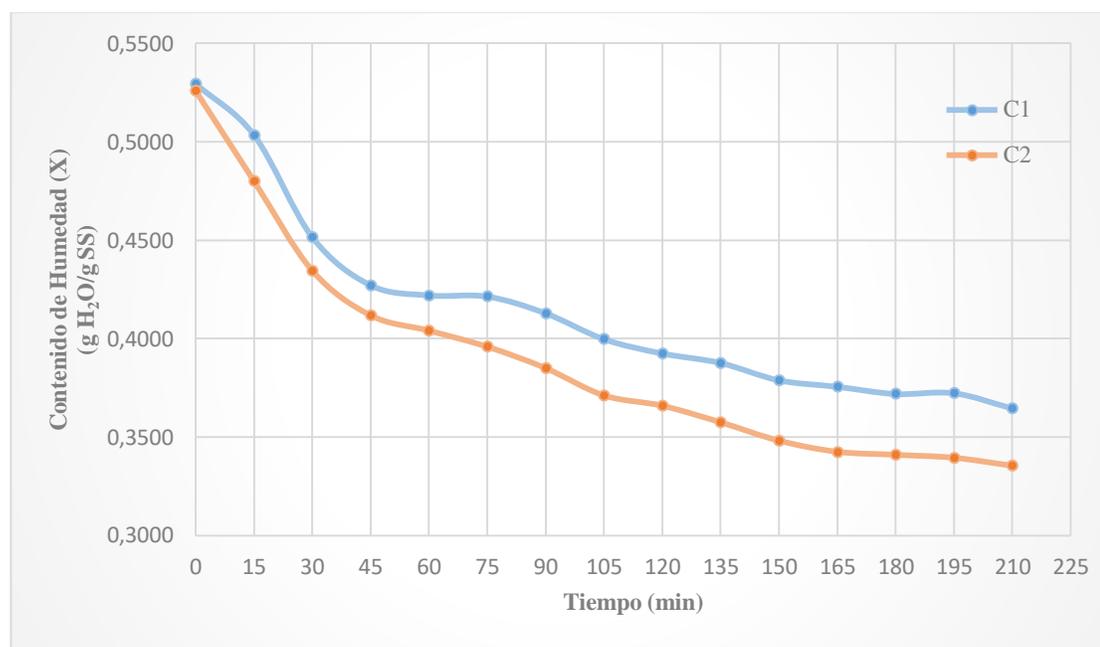
**Figura 4.29.** Variación del contenido de humedad en función del carboximetil celulosa en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.29, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 90 minutos ( $C_1$ ) y 45 minutos ( $C_2$ ).

Por lo que la muestra P03 con carboximetil celulosa al 2,45 % ( $C_1$ ) a una temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) presenta una pérdida de agua mayor de 0,4111 (g de agua/ g solido seco), en comparación la muestra P04 con carboximetil celulosa al 3,62 % ( $C_2$ ) a temperatura de 40 °C ( $T_1$ ) que tiene una pérdida de agua menor de 0,4151 (gagua/gsolidoseco),

siendo la mejor opción en cuanto se refiere al porcentaje de carboximetil celulosa ( $C_1$ ) para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.30, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), donde el carboximetil celulosa varía de (2,45 a 3,62) % y se mantiene constante la temperatura  $50\text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_2$ ) y el espesor  $2\text{ mm g}$  ( $E_1$ ).



**Fuente:** Elaboración propia

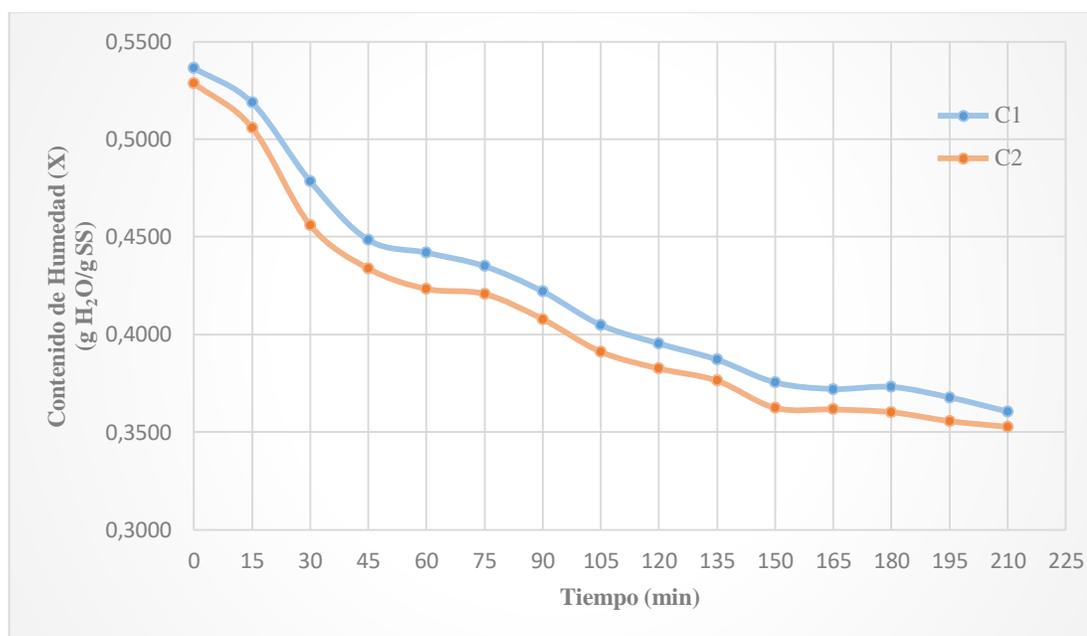
**Figura 4.30.** Variación del contenido de humedad en función del carboximetil celulosa en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.30, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 45 minutos ( $C_1$ ) y 60 minutos ( $C_2$ ).

Por lo que la muestra P05 con carboximetil celulosa al 2,45 % ( $C_1$ ) a una temperatura de  $50\text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_2$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,3646 (g de agua/ g solido seco), en comparación la muestra P06 con carboximetil celulosa al 3,62 % ( $C_2$ ) a temperatura de  $50\text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_2$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,3353 (g agua/g solido seco),

siendo la mejor opción en cuanto se refiere al porcentaje de carboximetil celulosa para las muestras de pasta tipo tallarín.

En la figura 4.31, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos. Los resultados se detallan en el (Anexo F), donde el carboximetil celulosa varía de (2,45 a 3,62) % y se mantiene constante la temperatura 50 °C ( $T_2$ ) y el espesor 3 mm ( $E_2$ ).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.31.** Variación del contenido de humedad en función del carboximetil celulosa en la pasta tipo tallarín

Se observa en la figura 4.31, la disminución del porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo, con una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de los 45 minutos ( $C_1$ ) y 60 minutos ( $C_2$ ).

Por lo que la muestra P07 con carboximetil celulosa al 2,45 % ( $C_1$ ) a una temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) presenta una pérdida de agua menor de 0,3605 (g de agua/ g solido seco), en comparación la muestra P08 con carboximetil celulosa al 3,62 % ( $C_2$ ) a temperatura de 50 °C ( $T_2$ ) que tiene una pérdida de agua mayor de 0,3528 (gagua/gsolidoseco),

siendo la mejor opción en cuanto se refiere al porcentaje de carboximetil celulosa para las muestras de pasta tipo tallarín.

Una vez analizada la influencia de la variable Carboximetil celulosa (2,45 a 3,62) %, se pudo demostrar que a C<sub>2</sub> (3,62 %) en el proceso de elaboración permite que la masa tenga menor cantidad de agua, pero hace que la consistencia de la pasta sea pegajosa en el momento de realizar su cocción, al contrario de C<sub>1</sub> (2,45 %) se considera como mejor opción para la pasta tipo tallarín ya que coadyuva con la firmeza y textura del producto.

#### 4.4 Análisis del producto terminado

El producto final obtenido, se procedió a realizar análisis fisicoquímicos, microbiológicos y controles de calidad los cuales se detallan a continuación.

##### 4.4.1 Análisis de controles fisicoquímicos del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa)

En la tabla 4.22, se muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico (Anexo A), realizado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); pertenecientes a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad “Autónoma Juan Misael Saracho”.

**Tabla 4.22**

*Propiedades fisicoquímicas del producto terminado pasta tipo tallarín*

Parámetro	Unidad	Cantidad
Ceniza	%	2,73
Fibra	%	n. d
Grasa	%	3,85
Hidratos de carbono	%	66,16
Humedad	%	10,52
Proteína total	%	16,64
Valor energético	Kcal/100g	365,85

**Fuente:** CEANID, 2019

En la tabla 4.22, se puede observar los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa) el cual contiene: ceniza 2,73%; fibra n.d.; grasa 3,85%; hidratos de

carbono 66,16%; humedad 10,52%; proteína total 16,64% y valor energético 356,03 Kcal/100g.

#### 4.4.2 Análisis de controles de minerales del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa)

En la tabla 4.23, se muestra los resultados obtenidos del análisis de minerales (Anexo A).

En la tabla 4.23

##### *Análisis de minerales del producto terminado pasta tipo tallarín*

Parámetro	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	101
Hierro	mg/100g	5,20
Magnesio	mg/100g	49,0

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.23, se puede observar los resultados obtenidos de los análisis de minerales del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa) el cual tiene: calcio 101 mg/100g, hierro 5,20 mg/100g y magnesio 49,0 mg/100g.

#### 4.4.3 Análisis de controles microbiológicos del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa)

En la tabla 4.24, se muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico (Anexo A).

En la tabla 4.24

##### *Análisis microbiológico del producto terminado pasta tipo tallarín*

Parámetro	Unidad	Resultado
Bacterias aerobias mesófilos	UFC/g	$5,0 \times 10^2$
Escherichia coli	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.24, se puede observar los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa) el cual tiene: bacterias aerobias mesófilos  $5,0 \times 10^2$  UFC/g y Escherichia coli  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g.

#### 4.4.4 Tiempo óptimo de cocción

En la tabla 4.25, se muestra los resultados del tiempo óptimo de cocción de la pasta tipo tallarín.

**Tabla 4.25**

*Tiempo óptimo de cocción de la pasta tipo tallarín*

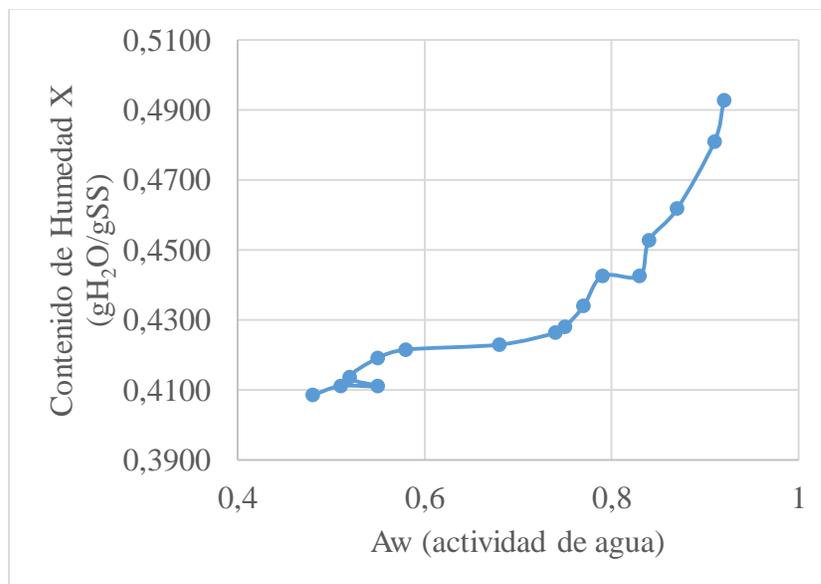
Tiempo óptimo de cocción (min)
17 a 20

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.25, se pudo analizar que, en un periodo de 17 a 20 minutos debido al espesor de la pasta se determinó el tiempo óptimo de cocción, obtenido a través del control de la pasta en ebullición controlando cada minuto hasta que la misma en el período requerido muestre una ausencia de masa seca en la parte central de la pasta.

#### 4.4.5 Contenido de actividad de agua del producto terminado

En la figura 4.32, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de la muestra de pasta tipo tallarín, en función del tiempo, medidos en intervalos de 15 minutos y así mismo se realizó para la variación de la actividad del producto final. Los resultados se detallan en el (Anexo G).



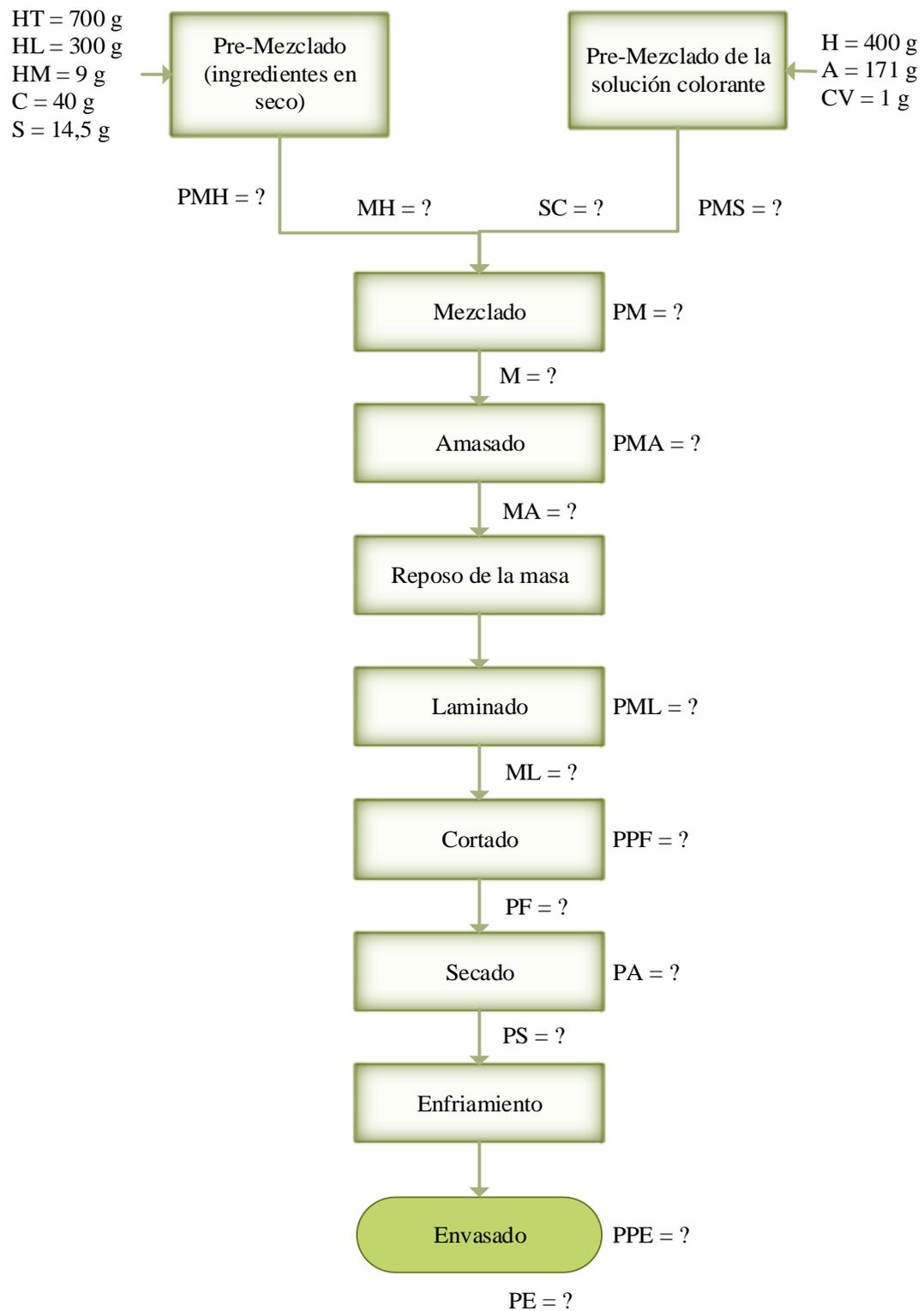
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.32.** Contenido de actividad de agua del producto terminado

Se observa en la figura 4.32, que según el margen de actividad acuosa las pastas se encuentran entre 0,60 o valores inferiores a este; por lo que la pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa se encuentra dentro de los valores determinados siendo de 0,48. Por lo tanto, no se da lugar a la alteración microbiana, ya que los niveles de multiplicación se dan a partir de 0,75 o 0,70 para los mohos, las bacterias lo hacen lentamente a partir de niveles inferiores de 0,85 pero realizándolo lentamente y las levaduras ocupan un lugar intermedio entre bacterias y mohos (Acosta, 2008).

#### **4.5 Balance de materia en el proceso de elaboración de pasta enriquecida con harina de lenteja y moringa**

En la figura 4.33 se detallan las etapas donde se realizaron los balances de materia en el proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa, para una base cálculo de masa cruda de 1500 g de materia prima (harina de trigo, harina de lenteja y harina de moringa).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.33.** Balance de materia en el proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa

Donde:

HT = harina de trigo (g)

HL = harina de lenteja (g)

HM = harina de moringa (g)

C = carboximetil celulosa (g)

S = sal (g)

MH = mezclado de harinas (g)

PMH = pérdida del pre-mezclado de harinas (g)

H = huevo (g)

A = agua (g)

CV = colorante verde (g)

SC = solución colorante (g)

PMS = pérdida del pre-mezclado de solución (g)

M = mezcla obtenida (g)

PM = pérdida del mezclado (g)

MA = masa obtenida (g)

PMA = pérdida de masa obtenida (g)

ML = masa laminada (g)

PML = pérdida de la masa laminada (g)

PF = pasta fresca (g)

PPF = pérdida de pasta fresca (g)

PS = pasta seca (g)

PA = pérdida de agua (g)

PE = pasta envasada (g)

PPE = pérdida de la pasta envasada (g)

#### 4.5.1 Balance de materia en el proceso de pre-mezclado (ingredientes en seco)

La figura 4.34, muestra el proceso de pre-mezclado de los ingredientes en seco, el balance de materia se realizó con 1009,0 g de materia prima y 54,5 g de insumos y mediante la determinación de humedad para “MH” se obtuvo 11,72 %.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.34.** Pre-mezclado de los ingredientes secos

Para hallar el valor de “MH” se aplica el siguiente planteamiento:

$$MH = HT + HL + HM + C + S * (0,9962)$$

$$MH = 700 \text{ g} + 300 \text{ g} + 9 \text{ g} + 40 \text{ g} + 14,5 \text{ g} * (0,9962)$$

$$MH = 1063,5 \text{ g} * (0,9962) = \mathbf{1059,4 \text{ g}}$$

Balance global para hallar la pérdida en el proceso de pre-mezclado (ingredientes en seco)

$$HT + HL + HM + C + S = PHM + MH$$

$$PHM = HT + HL + HM + C + S - MH$$

$$PHM = 700 \text{ g} + 300 \text{ g} + 9 \text{ g} + 40 \text{ g} + 14,5 \text{ g} - 1059,4 \text{ g} = \mathbf{4,1 \text{ g}}$$

#### 4.5.2 Balance de materia en el proceso de pre-mezclado (ingredientes estado líquido)

La figura 4.35, muestra el proceso de pre-mezclado de los ingredientes en estado líquido, el balance de materia se realizó con 570 g aproximadamente y mediante la determinación de humedad para “SC” se obtuvo 70 %.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.35.** Pre-mezclado de los ingredientes líquidos

Para hallar el valor de “SC” se aplica el siguiente planteamiento:

$$SC = H + A + CV * (0,9953)$$

$$SC = 400 \text{ g} + 171 \text{ g} + 1 \text{ g} * (0,9953)$$

$$SC = 572 \text{ g} * (0,9953) = \mathbf{569,3 \text{ g}}$$

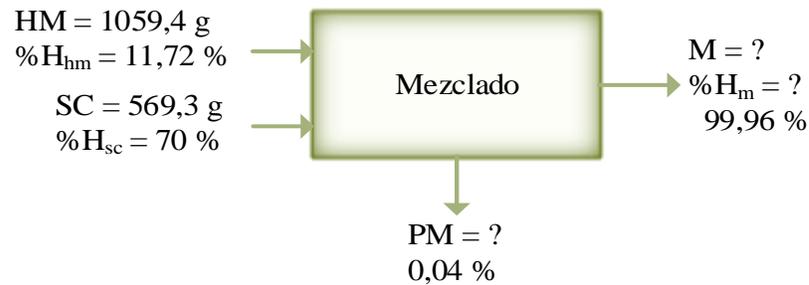
Balance global para hallar la pérdida en el proceso de pre-mezclado (ingredientes estado líquido)

$$PMS = H + A + C - SC$$

$$PMS = 400 \text{ g} + 171 \text{ g} + 1 \text{ g} - 569,3 \text{ g} = \mathbf{2,7 \text{ g}}$$

#### 4.5.3 Balance de materia en el proceso de mezclado (ingredientes secos/líquidos)

La figura 4.36, muestra el proceso de mezclado (ingredientes secos/líquidos), para el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de pre-mezcla de los procesos anteriores.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.36.** Proceso de mezclado (ingredientes secos/líquidos)

Para hallar el valor de “M” se aplica el siguiente planteamiento:

$$M = HM + SC * (0,9996)$$

$$M = 1059,4 \text{ g} + 569,3 \text{ g} * (0,9996)$$

$$M = 1628,7 \text{ g} * (0,9996) = \mathbf{1628,05 \text{ g}}$$

Balance global para hallar la pérdida en el proceso de mezclado.

$$SC + HM = PM + M$$

$$PM = SC + HM - M$$

$$PM = 569,3 \text{ g} + 1059,4 \text{ g} - 1628,05 \text{ g} = \mathbf{0,65 \text{ g}}$$

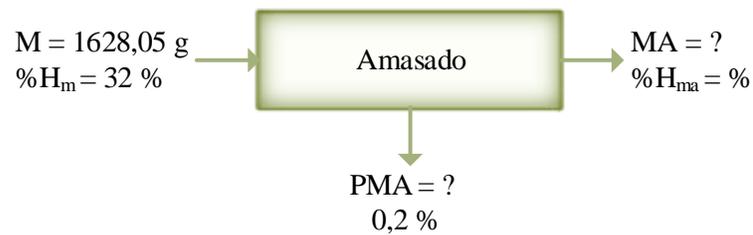
Balance por componentes “agua” para hallar el porcentaje de humedad de la masa:

$$SC * \%H_{sc} + HM * \%H_{hm} = PM * \%H_{pm} + M * \%H_m$$

$$\%H_m = \frac{1050,4 * (0,1172) + 569,3 * (0,7)}{1628,05 \text{ g}} = \mathbf{0,32 \%}$$

#### 4.5.4 Balance de materia en el proceso de amasado

La figura 4.37, muestra el proceso de amasado de la pasta tipo tallarín, para el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de mezcla del anterior proceso 1628,05 g.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.37.** Proceso de amasado de la pasta tipo tallarín

Para hallar el valor de “PMA” se aplica el siguiente planteamiento:

$$PMA = M * 0,002$$

$$PMA = 1628,05 \text{ g} * 0,002 = \mathbf{3,26 \text{ g}}$$

Para hallar la masa seca y la masa de agua se realiza los siguientes cálculos:

Entrada	{	Masa seca : $\frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100} = \mathbf{1107,07 \text{ g}}$
		Masa agua: $\frac{1628,05 \text{ g} * 32}{100} = \mathbf{520,97 \text{ g}}$
Salida	{	Masa seca: $\frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100} = \mathbf{1107,07 \text{ g}}$
		Masa agua: $520,96 \text{ g} - 3,26 \text{ g} = \mathbf{517,70 \text{ g}}$

Calculo de la masa obtenida en del proceso de amasado:

$$MA = \text{Masa seca} + \text{Masa de agua}$$

$$MA = 1107,07 \text{ g} + 517,70 \text{ g} = \mathbf{1624,77 \text{ g}}$$

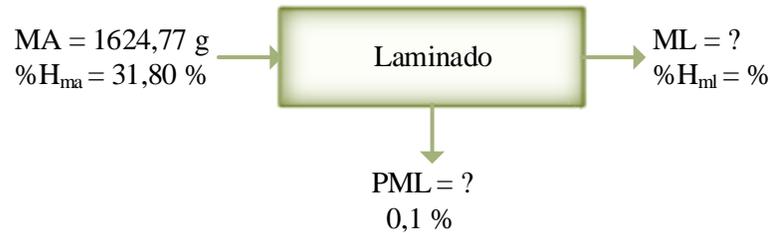
Calculo del porcentaje de humedad de la masa:

$$\%H_{ma} = \frac{\text{Masa agua "salida"}}{M} * 100\%$$

$$\%H_{ma} = \frac{517,70 \text{ g}}{1628,05 \text{ g}} * 100\% = \mathbf{31,80 \%}$$

#### 4.5.5 Balance de materia en el proceso de laminado

La figura 4.38, muestra el proceso de laminado de la pasta tipo tallarín, para el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de masa del anterior proceso 1624,77 g.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.38.** Proceso de laminado de pasta tipo tallarín

Balance general de materia en el proceso de laminado:

$$MA = PML + ML$$

$$MA = ML + (MA * 0,001)$$

$$ML = MA - (MA * 0,001)$$

$$ML = 1624,77 \text{ g} - (1624,77 \text{ g} * 0,001) = \mathbf{1623,15 \text{ g}}$$

Para hallar el valor de “PML” se aplica el siguiente planteamiento:

$$PML = MA * 0,001$$

$$PML = 1624,77 \text{ g} * 0,001 = \mathbf{1,62 \text{ g}}$$

Para hallar la masa seca y la masa de agua se realiza los siguientes cálculos:

$$\begin{array}{l} \text{Entrada} \left\{ \begin{array}{l} \text{Masa seca : } \frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100} = \mathbf{1107,07 \text{ g}} \\ \text{Masa agua: } 520,96 \text{ g} - 3,26 \text{ g} = \mathbf{517,70 \text{ g}} \end{array} \right. \\ \\ \text{Salida} \left\{ \begin{array}{l} \text{Masa seca: } \frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100} = \mathbf{1107,07 \text{ g}} \\ \text{Masa agua: } 517,70 \text{ g} - 1,62 \text{ g} = \mathbf{516,08 \text{ g}} \end{array} \right. \end{array}$$

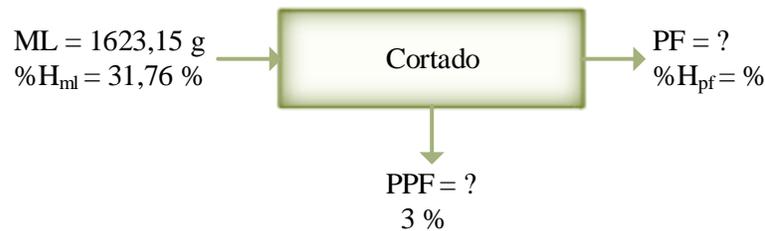
Calculo del porcentaje de humedad de la masa laminada:

$$\%H_{ml} = \frac{\text{Masa agua "salida"}}{MA} * 100\%$$

$$\%H_{ml} = \frac{516,08 \text{ g}}{1624,77 \text{ g}} * 100\% = \mathbf{31,76\%}$$

#### 4.5.6 Balance de materia en el proceso de cortado

La figura 4.39, muestra el proceso de cortado de la pasta tipo tallarín, para el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de masa lamida del anterior proceso 1623,15 g.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.39.** Proceso de cortado de pasta tipo tallarín

Balance general de materia en el proceso de cortado:

$$ML = PPT + PF$$

$$ML = PF + (ML * 0,03)$$

$$PF = ML - (ML * 0,03)$$

$$PF = 1623,15 \text{ g} - (1623,15 \text{ g} * 0,03) = \mathbf{1574,46 \text{ g}}$$

Para hallar el valor de “PPF” se aplica el siguiente planteamiento:

$$PPF = ML * 0,03$$

$$PPF = 1623,15 \text{ g} * 0,03 = \mathbf{48,69 \text{ g}}$$

Para hallar la masa seca y la masa de agua se realiza los siguientes cálculos:

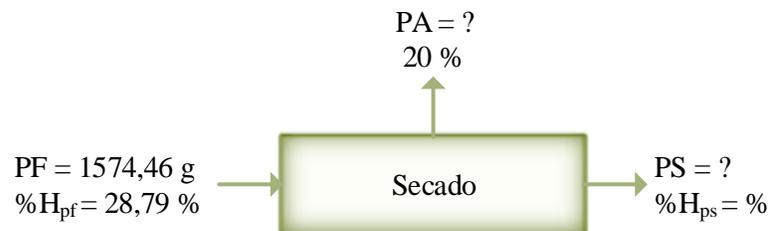
$$\begin{array}{l} \text{Entrada} \left\{ \begin{array}{l} \text{Masa seca : } \frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100} = \mathbf{1107,07 \text{ g}} \\ \text{Masa agua: } 517,70 \text{ g} - 1,62 \text{ g} = \mathbf{516,08 \text{ g}} \end{array} \right. \\ \\ \text{Salida} \left\{ \begin{array}{l} \text{Masa seca: } \frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100} = \mathbf{1107,07 \text{ g}} \\ \text{Masa agua: } 516,08 \text{ g} - 48,69 \text{ g} = \mathbf{467,39 \text{ g}} \end{array} \right. \end{array}$$

Calculo del porcentaje de humedad de la pasta fresca:

$$\begin{aligned} \%H_{pf} &= \frac{\text{Masa agua "salida"}}{\text{ML}} * 100\% \\ \%H_{pf} &= \frac{467,39 \text{ g}}{1623,15 \text{ g}} * 100\% = \mathbf{28,79\%} \end{aligned}$$

#### 4.5.7 Balance de materia en el proceso de secado

La figura 4.40, muestra el proceso de secado de la pasta tipo tallarín, para el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de pasta fresca del anterior proceso 1574,46 g.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.40.** Proceso de secado de pasta tipo tallarín

Balance general de materia en el proceso de secado:

$$PF = PA + PS$$

$$PF = PS + (PF * 0,20)$$

$$PS = PF - (PF * 0,20)$$

$$PS = 1574,46 \text{ g} - (1574,46 \text{ g} * 0,20) = \mathbf{1259,57 \text{ g}}$$

Para hallar el valor de "PA" se aplica el siguiente planteamiento:

$$PA = PF * 0,20$$

$$PA = 1574,46 \text{ g} * 0,20 = \mathbf{314,89 \text{ g}}$$

Para hallar la masa seca y la masa de agua se realiza los siguientes cálculos:

$$\begin{array}{l} \text{Entrada} \left\{ \begin{array}{l} \text{Masa seca : } \frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100} = \mathbf{1107,07 \text{ g}} \\ \text{Masa agua: } 516,08 \text{ g} - 48,69 \text{ g} = \mathbf{467,39 \text{ g}} \end{array} \right. \\ \\ \text{Salida} \left\{ \begin{array}{l} \text{Masa seca: } \frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100} = \mathbf{1107,07 \text{ g}} \\ \text{Masa agua: } 467,39 \text{ g} - 314,89 \text{ g} = \mathbf{152,50 \text{ g}} \end{array} \right. \end{array}$$

Calculo del porcentaje de humedad de la pasta seca:

$$\%H_{ps} = \frac{\text{Masa agua "salida"}}{PF} * 100\%$$

$$\%H_{ps} = \frac{152,50 \text{ g}}{1574,46 \text{ g}} * 100\% = \mathbf{9,69\%}$$

#### 4.5.8 Balance de materia en el proceso de envasado

La figura 4.41, muestra el proceso de envasado de la pasta tipo tallarín, para el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de pasta seca del anterior proceso 1259,57 g.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.41.** Proceso de envasado de pasta tipo tallarín

Balance general de materia en el proceso de envasado:

$$PS = PPE + PE$$

$$PS = PE + (PS * 0,03)$$

$$PE = PS - (PS * 0,03)$$

$$PE = 1259,57 \text{ g} - (1259,57 \text{ g} * 0,03) = \mathbf{1221,78 \text{ g}}$$

Para hallar el valor de "PPE" se aplica el siguiente planteamiento:

$$PPE = PS * 0,03$$

$$PPE = 1259,57 \text{ g} * 0,03 = \mathbf{37,79 \text{ g}}$$

Para hallar la masa seca y de agua se realiza los siguientes cálculos:

Entrada	{	Masa seca :	$\frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100}$	=	<b>1107,07 g</b>
		Masa agua:	$467,39 \text{ g} - 314,89 \text{ g}$	=	<b>152,50 g</b>
Salida	{	Masa seca:	$\frac{1628,05 \text{ g} * (100 - 32)}{100}$	=	<b>1107,07 g</b>
		Masa agua:	$152,50 \text{ g} - 37,79 \text{ g}$	=	<b>114,71 g</b>

Calculando el porcentaje de humedad de la pasta seca envasada:

$$\%H_{pe} = \frac{\text{Masa agua "salida"}}{PS} * 100\%$$

$$\%H_{pe} = \frac{114,71 \text{ g}}{1259,57 \text{ g}} * 100\% = \mathbf{9,11\%}$$

Para calcular la cantidad de unidades de pasta envasada, se tomó en cuenta el peso total del envase que es de 400 g.

$$N \text{ de unidades obtenidas} = \frac{\text{Producto final}}{\text{P. neto por envase}}$$

$$N \text{ de unidades obtenidas} = \frac{1221,78 \text{ g}}{400 \text{ g}} = \mathbf{3 \text{ bolsas}}$$

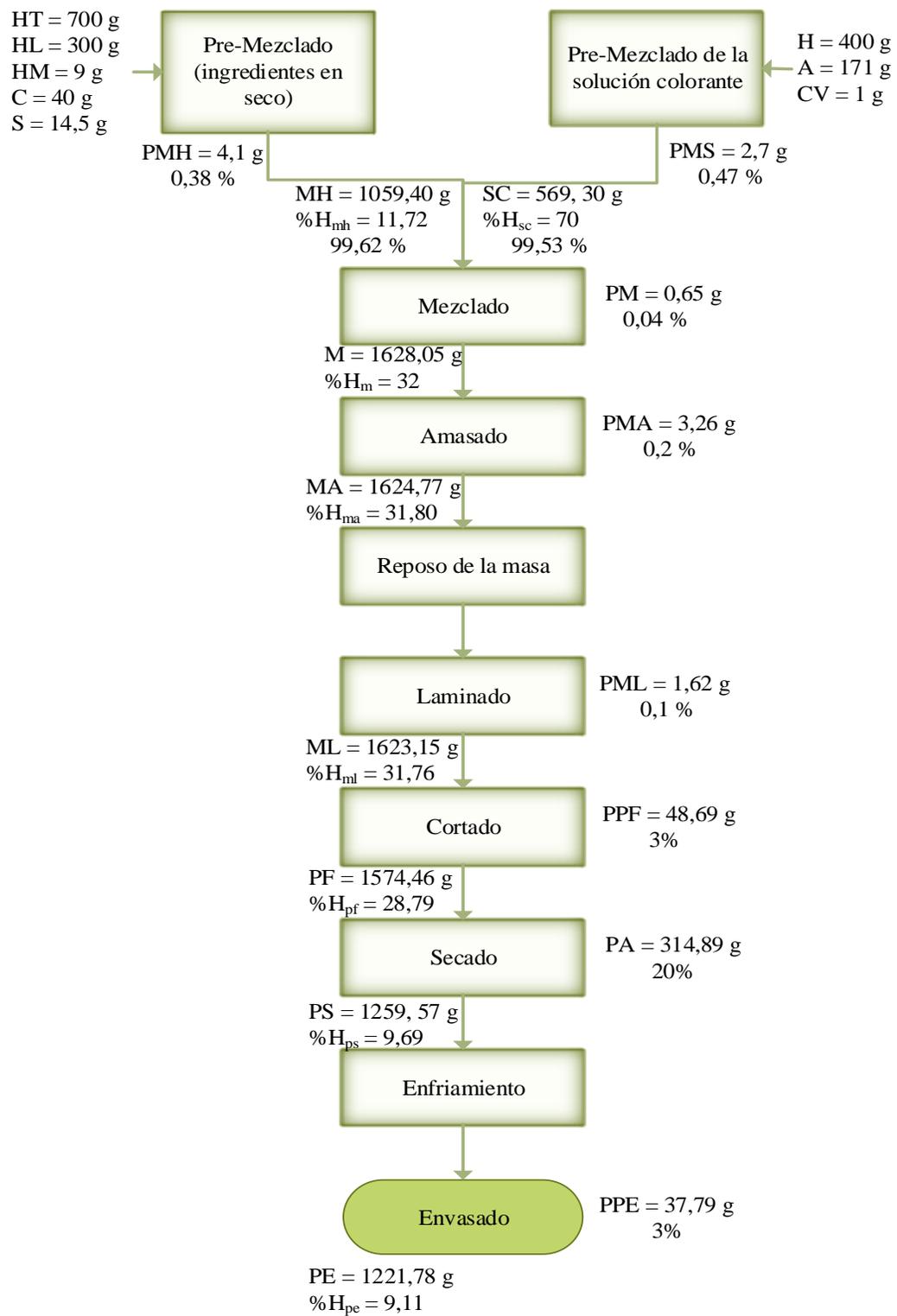
#### **4.5.9 Rendimiento del proceso de elaboración de pasta tipo tallarín**

$$R = \frac{\text{Producto obtenido}}{\text{proceso de mezclado}} * 100 \%$$

$$R = \frac{1221,78\text{g}}{1628,05 \text{ g}} * 100 \% = 75,05 \%$$

#### **4.5.10 Resumen del balance de materia de la pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa**

En la figura 4.42, se muestra el resumen del balance de materia en el proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.42.** Resumen del balance de materia en el proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa

#### 4.6 Balance de energía para el proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja enriquecida con harina de lenteja y moringa se tomó en cuenta la etapa de secado.

Las ecuaciones de balance de energía según (Barderas, 1994), utilizadas en la etapa de secado se detallan a continuación:

$$Q_T = Q_g + Q_p \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Donde:

$$Q = m * C_p * (T_2 - T_1) \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Para calcular la cantidad de energía requerida para el agua según (Barderas, 1994), la ecuación es:

$$Q = m * \lambda \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Así mismo para calcular el  $C_p$  del alimento la ecuación a usar es:

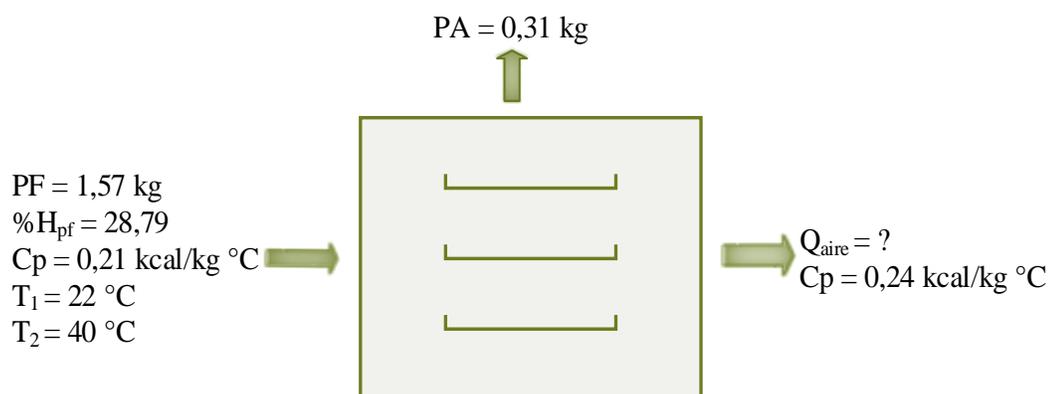
$$C_p = \frac{P}{100} + \frac{(100 - P) * 0,2}{100} \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Donde:

$P$  = masa del alimento que entra al proceso

##### 4.6.1 Balance de energía en la etapa de secado

En la figura 4.43, se muestra el balance de energía en la etapa de secado en la elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.43.** Balance de energía en la etapa de secado

Para obtener la cantidad de calor necesaria para realizar el secado de la pasta tipo tallarín se calcularon las corrientes de calor que intervienen en el proceso como se detalla en la siguiente ecuación:

$$Q = Q_{\text{agua}} + Q_{\text{alimento}} \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

Para calcular la cantidad de energía requerida para el agua se utilizó la (Ecuación 4.3):

$$Q_{\text{agua}} = m * \lambda$$

Según (Tipler & Mosca, 2004. Pág. 523), el agua a una presión de 1 atm., el calor latente de vaporización es 2.26 kJ/kg = 540 kcal/kg

$$Q_{\text{agua}} = (0,31 \text{ kg}) * (540 \text{ kcal/kg}) = \mathbf{167,40 \text{ kcal}}$$

Para calcular la cantidad de energía requerida para el alimento se utilizó la (Ecuación 4.2):

$$Q_s = m * C_p * (T_2 - T_1)$$

Donde el calor específico se calculó mediante la (Ecuación 4.4):

$$C_p = \frac{P}{100} + \frac{(100 - P) * 0,2}{100}$$

$$C_p = \frac{1,57 \text{ kg}}{100} + \frac{(100 - 1,57 \text{ kg}) * 0,2}{100} = \mathbf{0,21 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ °C}}$$

$$Q_s = (1,57 \text{ kg}) * (0,21 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}) * (40 - 22) ^\circ\text{C} = \mathbf{6,26 \text{ kcal}}$$

Con la (Ecuación 4.1) obtenemos el calor total:

$$Q_T = Q_{\text{agua}} + Q_{\text{alimento}}$$

$$Q_T = 167,40 \text{ kcal} + 6,26 \text{ kcal} = \mathbf{173, 66 \text{ kcal}}$$

Para hallar la masa de aire se utiliza la (Ecuación 4.2):

$$Q = m_{\text{aire}} * C_p * (T_2 - T_1)$$

Despejando la ecuación se obtiene:

$$m_{\text{aire}} = \frac{173,71 \text{ kcal}}{(20,01 - 19,5) ^\circ\text{C} * 0,24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} ^\circ\text{C}} = 1203,54 \text{ kg}$$

Para hallar el calor requerido se utiliza la (Ecuación 4.2):

$$Q = m_{\text{aire}} * C_p * (T_2 - T_1)$$

Según (Whitman & Johnson, 2000. Pág. 10), el calor específico del aire es 0,24 Kcal/kg°C.

$$Q = 1203,54 \text{ kg} * (0,24 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}) * (41 - 22) ^\circ\text{C} = \mathbf{5488,14 \text{ kcal}}$$

Realizando conversiones:

$$1 \text{ kcal/h} \quad \text{-----} \quad 0,001163 \text{ kw}$$

$$5488,14 \text{ kcal/h} \quad \text{-----} \quad X = 6,38 \text{ kw}$$

La suma de los calores requeridos por el aire en la etapa de secado se obtendrá los kw necesarios para secar la pasta tipo tallarín.

## 5.1 Conclusiones

- En base a los resultados fisicoquímicos de la harina de trigo se tiene que el contenido de ceniza 0,75%; fibra n.d.; grasa 1,31%; hidratos de carbono 74,46%; humedad 11,88%; proteína total 11,60% y valor energético 356,03 Kcal/100g.
- En base a los resultados fisicoquímicos de la harina de lenteja se tiene que el contenido de ceniza 5,11%; fibra 3,37%; grasa 1,22%; hidratos de carbono 59,93%; humedad 11,56%; proteína total 18,81% y valor energético 289,94 Kcal/100g.
- En base a los resultados fisicoquímicos de la harina de moringa se tiene que el contenido de calcio es 1582 mg/100g y magnesio 194,0 mg/100g.
- Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín en cuanto a la variación de colorante verde indicando como muestra ideal la PT5 a pesar de que  $F_{cal} < F_{tab}$  demostrando que estadísticamente no tiene diferencia significativa, su favoritismo por los jueces respecto a los atributos sabor, aroma, textura y apelmazamiento hizo que quedara sobre las demás muestras, a pesar de que resalto en el atributo color la PT3.
- Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín en cuanto a la variación de la espinaca indicando como muestra ideal la PT10 a pesar de que tiene diferencia significativa para el atributo color y no existiendo estadísticamente para los atributos sabor y apelmazamiento, hubo favoritismo por los jueces quedando sobre las demás muestras, a pesar de que resalto en el atributo aroma la PT9 y en textura la PT7.
- Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín en cuanto a la variación de espinaca y colorante verde indicando como muestra ideal la PT11 demostrando que estadísticamente no tiene diferencia significativa para el atributo textura, sabor y aroma, así mismo para el atributo color existe diferencia estadística, el favoritismo de los jueces hizo que quedara sobre la otra muestra, a pesar de que resalto en el atributo apelmazamiento la PT12.

- Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín para obtener la muestra ideal, obteniendo la PT5 demostrando que estadísticamente no tiene diferencia significativa para el atributo textura, aroma y apelmazamiento, así mismo para el atributo color y sabor existe diferencia estadística, el favoritismo de los jueces hizo que quedara sobre las otras muestras.
- Como resultado del análisis según la significancia de los atributos para la pasta tipo tallarín para obtener la muestra de referencia, obteniendo la PTB demostrando que estadísticamente no tiene diferencia significativa para el atributo textura, aroma y sabor, así mismo para el atributo color y apelmazamiento existe diferencia estadística, el favoritismo de los jueces hizo que quedara sobre las otras muestras.
- Mediante el análisis estadístico T-Student donde indica que  $T_{cal}(0,600) < T_{tab}(2,539)$ ; no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos (muestra) y se acepta la hipótesis para una  $p < 0,01$ . Al final, el 65 % de los jueces optaron por la muestra de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa por sobre la muestra de referencia en cuanto al atributo color.
- Mediante el análisis estadístico T-Student donde indica que  $T_{cal}(0,100) < T_{tab}(2,539)$ ; no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos (muestra) y se acepta la hipótesis para una  $p < 0,01$ . Al final, el 50 % de los jueces optaron por la muestra de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa por sobre la muestra de referencia en cuanto al atributo sabor.
- En base al diseño factorial utilizado en la etapa de secado no existe evidencia estadística significativa para  $p < 0,05$ ; ya que  $F_{cal} < F_{tab}$  para todas las variables tomadas en cuenta. En tal sentido se realizó una comparación de la respuesta estadística del análisis sensorial para la dosificación de insumos existiendo una relación directa con el factor analizado.
- Una vez analizada la influencia de la variable temperatura (40 a 50) °C, se pudo demostrar que a 40 °C la pasta tipo tallarín tiene mayor tiempo de secado que a 50 °C considerando el espesor que tenga la misma, considerando que entre ambas variables

la mejor opción para llevar a cabo un proceso de secado óptimo de pastas es a 50 °C permitiendo que la pérdida de humedad del producto sea mayor, mejore la calidad microbiológica y el producto sea resistente durante la cocción.

- Una vez analizada la influencia de la variable espesor (2 a 3) mm, se pudo demostrar que a 2 mm la pasta tipo tallarín tiene un buen secado consideradas ambas temperaturas (40 a 50) °C, pero entre ambas variables la mejor opción para llevar a cabo la elaboración de pastas es a un espesor de 3 mm a 50 °C requiriendo de esa manera un menor tiempo, permitiendo que la pérdida de humedad del producto sea mayor, resistente y firme para su manipulación.
- Una vez analizada la influencia de la variable Carboximetil celulosa (2,45 a 3,62) %, se pudo demostrar que a C<sub>2</sub> (3,62 %) en el proceso de elaboración permite que la masa tenga menor cantidad de agua, pero hace que la consistencia de la pasta sea pegajosa en el momento de realizar su cocción, al contrario de C<sub>1</sub> (2,45 %) se considera como mejor opción para la pasta tipo tallarín ya que coadyuva con la firmeza y textura del producto.
- En base a los resultados de las propiedades fisicoquímicas del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa) el cual contiene: ceniza 2,73%; fibra n.d.; grasa 3,85%; hidratos de carbono 66,16%; humedad 10,52%; proteína total 16,64% y valor energético 356,03 Kcal/100g.
- En base a los resultados de los análisis de minerales del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa) el cual contiene: calcio 101 mg/100g, hierro 5,20 mg/100g y magnesio 49,0 mg/100g.
- En base a los resultados de los análisis microbiológicos del producto terminado (pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa) presentando: bacterias aerobias mesófilos  $5,0 \times 10^2$  UFC/g y Escherichia coli  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g.
- Se pudo analizar que, en un periodo de 17 a 20 minutos debido al espesor de la pasta se determinó el tiempo óptimo de cocción, obtenido a través del control de la pasta en

ebullición controlando cada minuto hasta que la misma en el período requerido muestre una ausencia de masa seca en la parte central de la pasta.

- Según el margen de actividad acuosa las pastas se encuentran entre 0,60 o valores inferiores a este; por lo que la pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa se encuentra dentro de los valores determinados siendo de 0,48. Por lo tanto, no se da lugar a la alteración microbiana, ya que los niveles de multiplicación se dan a partir de 0,75 o 0,70 para los mohos, las bacterias lo hacen lentamente a partir de niveles inferiores de 0,85 pero realizándolo lentamente y las levaduras ocupan un lugar intermedio entre bacterias y mohos (Acosta, 2008).
- Según el balance de materia en el proceso de elaboración de pasta tipo tallarín enriquecida con harina de lenteja y moringa se obtuvo un rendimiento del 75%.

## 5.2 Recomendaciones

- La verificación de la calidad nutricional de las pastas enriquecidas con harinas de leguminosas como ser de lenteja, garbanzo, haba, frijol, etc., merece que se realicen investigaciones y pruebas que puedan mostrar el enriquecimiento de este tipo de producto en la provincia Cercado.
- Para realizar nuevas investigaciones en pastas nutritivas con mezclas de harinas se sugiere el estudio de la influencia del uso del Carboximetil celulosa ya que este influye en la textura de acuerdo a la dosificación empleada y de esa manera obtener un producto de calidad.
- Se sugiere la selección de panelistas para el análisis sensorial del producto y poder frecuentar a los mismos para obtener valores de evaluación por personas comprometidas durante el transcurso de la elaboración del producto y conseguir mejores resultados.