

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En Bolivia la producción industrial de galletas cuenta con 8 industrias importantes que se encuentran localizadas en Oruro, La Paz, Santa Cruz y Cochabamba. Donde cuenta con una producción aproximada de 47. 540 ton/ año en diferentes tipos de galletas. Así, mismo la oferta de galletas no solo está conformada por empresas nacionales, sino que existen de galletería de diferentes países, principalmente de Argentina, Perú, Colombia, Venezuela y Chile. (Canaza, 2015)

Las principales industrias a nivel nacional vienen produciendo una variedad de 7 tipos de productos galleteros, siendo la galleta de agua la de mayor consumo en nuestro mercado nacional con un porcentaje de 35%, seguidas por variedades de galletas dulces y semidulces 23 y 21% respectivamente. (Canaza, 2015)

Las galletas tienen un lugar destacado en las preferencias alimenticias. Hay una gran inclinación de consumo tanto en galletas dulces y saladas, que se disfrutan principalmente en el desayuno, meriendas y otras comidas de forma complementaria. Entre las galletas dulces con gran predilección en Bolivia están las wafer y galletas rellenas. (Quispe, 2014)

La producción de maíz morado en Bolivia se encuentra distribuido “en los valles de Cochabamba, Norte de Chuquisaca, Valle de Tarija, Saavedra de Potosí y Caballero de Santa Cruz” (CIPCA, 2012. Pág. 93).

En Tarija la producción de maíz morado según recopilación de datos realizadas por (Fondo Nacional para el Medio Ambiente, 1998) en los valles del departamento, las provincias que cultivan este tipo de maíz son tres que son descritos en la tabla 1.1

Tabla 1.1

Producción de maíz morado en Tarija

Provincia	Localidad	Raza	Variedad
Méndez	San Lorenzo	Kulli	Kulli
Arce	Tariquia	Kulli	Garrapata
Cercado	Junacas	Kulli	Maíz negro

Fuente: FONAMA, 1998

Los productos elaborados con harina de maíz morado variedad Kulli en Tarija son: bebida caliente llamada api y pan a base de masa madre con harina de maíz morado. El maíz morado se lo utiliza para elaboración de api que es una bebida caliente consumida en tiempo de frío, se lo puede encontrar en mercados, locales que se encuentran en el puente San Martín como en locales de la avenida La paz. Sin embargo, en el área de panificación la panadería “Los Reyes” utiliza en la elaboración de pan a base de masa madre con harina de maíz morado y frutos secos.

1.2 Justificación

- El presente trabajo de investigación, pretende elaborar galleta con harina de maíz morado con la finalidad de darle un nuevo valor agregado al maíz morado para aprovechar sus propiedades antioxidantes para salud de las personas.
- Las galletas tienen mayor aceptación y consumo en niños, adultos; donde se pretende disminuir la cantidad de harina de trigo en galletas combinándola con harina de maíz morado; con el fin de aprovechar la composición nutricional que presenta en proteínas, fibra, calcio, fósforo, etc.
- El propósito del presente trabajo de investigación, es incorporar al mercado un producto novedoso; debido que en el mercado local de Tarija no existe la presencia de una galleta que sea elaborada con la harina de maíz morado.
- La harina de maíz morado, es un subproducto del maíz morado variedad kulli que presenta antocianinas en su composición que ayudan a reducir el colesterol, baja la presión arterial, entre otras patologías.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados para el presente trabajo de investigación, se describen a continuación:

1.3.1 Objetivo general

- Aplicar la tecnología de cereales para desarrollar una metodología experimental que permita elaborar galleta con harina de maíz morado, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado de Tarija.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de trigo y maíz morado con el fin de conocer su composición.
- Realizar evaluación sensorial a pruebas iniciales de galleta con harina de trigo incorporando harina de maíz morado con el fin de obtener una galleta ideal para el diseño dosificación.
- Aplicar diseño factorial 2^3 en la etapa del proceso de dosificación con la finalidad de establecer variables a la galleta con harina de maíz morado.
- Aplicar el diseño factorial 2^2 en la etapa del proceso de horneado con la finalidad de obtener la temperatura y tiempo de cocción de la galleta con harina de maíz morado.
- Determinar características fisicoquímicas, microbiológicas en la galleta con harina de maíz morado con el fin de establecer su calidad nutricional.
- Realizar un control de la durabilidad la galleta con harina de maíz morado durante el almacenamiento.
- Realizar un balance de materia y energía de proceso de elaboración de la galleta con harina de maíz morado con el fin de calcular el rendimiento del proceso.

1.4 Objeto de estudio

- Aplicación de la tecnología de cereales para desarrollar una metodología experimental para elaborar galleta con harina de maíz morado variedad Kulli.

1.5 Campo de acción

El campo de acción utilizado para el presente trabajo de investigación, quedará delimitado por los siguientes aspectos:

Espacial

Las muestras de harina de maíz morado son adquiridas de la provincia Méndez y los insumos alimentarios serán adquiridas del mercado local de la provincia de Cercado de Tarija.

Temporal

El campo temporal a desarrollarse el presente trabajo de la elaboración de galleta con harina de maíz morado fue en la gestión 2021-2022.

Institucional

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Taller de Alimentos (LTA) y el Laboratorio Carrera de Ingeniería de Alimentos (LCIA), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de la provincia Cercado de Tarija.

1.6 Situación problemática

Debido a que en el mercado local de Tarija no existen galletas que estén elaboradas con harina de maíz morado variedad Kulli, lo cual podría ser aprovechado para introducir al mercado un producto novedoso con grandes propiedades, dándole un nuevo uso y consumo de harina maíz morado, que usualmente solo se consume como una bebida caliente típica en Bolivia.

Con la aplicación de la tecnología de cereales se permitirá incorporar harina de morado en diferentes formulaciones de 32 % y 33 % para obtener galletas con menor contenido de gluten y que se podría obtener un producto de mejor calidad nutricional para la población tarijeña, además de darle un nuevo uso a esta harina maíz morado; ya que es

un cereal rico en antioxidantes con alto contenido de antocianinas que son beneficiosas para la salud de las personas.

1.7 Formulación de problema

¿Cuál será la tecnología de cereales que permita desarrollar una metodología experimental para la elaboración de galleta con harina de maíz morado con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado de Tarija?

1.8 Hipótesis

La aplicación de la tecnología de cereales permitió desarrollar una metodología experimental para obtener galleta con harina de maíz morado de calidad nutricional para la población de la provincia Cercado de Tarija.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de la galleta

El origen de la galleta según (Gonzales & Zurita, 2007); surge hace 10000 años atrás donde por accidente antepasados nómadas descubrieron que al someter al calor una sopa de cereales puede obtener un alimento más seco y con poca cantidad de agua ideal para llevar a largos viajes y consérvalo por un determinado tiempo.

Hay registros que las galletas fueron producidas en Persia en el siglo VII antes de Cristo, donde con el paso de los años este producto se fue extendiendo por el mundo cambiando su forma de elaboración y apareciendo nuevos sabores (Quintana, 2016).

2.2 Definición de galleta

Según (Código Alimentario Argentino, 2003), se denomina galleta al producto obtenido de la cocción de una masa no fermentada. La galleta según (Estados Unidos Mexicano - Secretaria de la Salud, 2008), es un producto formado por la mezcla de harina de trigo u otros cereales, azúcares naturales o artificiales, materia grasa animal o vegetal, polvo hornear u otros aditivos alimenticios permitidos.

Para (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2005), las elaboraciones de galletas deben estar sometidas a operaciones de mezclado, amasado, laminado, moldeado, horneado, enfriado y envasado, dando lugar a un producto de bajo contenido de humedad y apto para consumo humano. En la figura 2.1, se muestra una galleta con harina de trigo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.1: Galleta con harina de trigo

2.3 Clasificación de galletas

La clasificación de las galletas está dada según datos teóricos leídos: Código Alimentario Argentino (2003), Instituto Ecuatoriano de Normalización (2005), García (2013); sobre las galletas en diferentes normas que se muestra en un esquema en la figura 2.2



Fuente: CAA (2003), IEN (2005) y García (2013)

Figura 2.2: Clasificación de las galletas

2.3.1 Descripción de galleta simple

Una galleta simple es de superficie lisa, ligero brillo, textura abierta y uniforme que la hace delicada al paladar (Lezcano, 2011).

2.3.2 Descripción de galleta dulce

La galleta dulce se caracteriza por tener un agregado superior de azúcar y grasa comparando con las galletitas, el gluten se hace menos elástico y más extensible (Lezcano, 2011).

2.4 Composición fisicoquímica de la galleta

Las galletas están compuestas por materias primas que son: harina, azúcar y grasa, incluyen a este producto dentro del grupo básico de alimentos energéticos, la incorporación de otros componentes como la leche y el huevo incrementan su contenido proteico, vitamínico y de minerales. (Hernández *et al*, 2014) En la tabla 2.1, se muestra la composición fisicoquímica de la galleta estándar de 100 g.

Tabla 2.1***Composición fisicoquímica de la galleta***

Parámetros	Galleta	Unidad
Agua	3,7	g
Proteína	7,2	g
Grasa	20,9	g
Ceniza	0,8	g
Calcio	41,0	mg

Fuente: Hernández et al, 2014

2.5 Aplicación de la galleta en el ser humano

Son utilizados como snack o merienda para niños, adultos y personas mayores. Comúnmente se las consume en cualquier momento del día, cuando se tiene hambre en el desayuno, cena, después de salidas. También son utilizadas en las recetas para la elaboración postres. (Garcia,2013)

2.6 Caracterización de las materias primas utilizadas para la elaboración de galleta con harina de maíz morado

Las materias primas utilizadas en la elaboración de galletas, se detallan a continuación:

2.6.1 Harina de trigo

Se entiende como harina de trigo al producto elaborado con granos de trigo común, conocido científicamente como *triticum aestivum L.*, por medio de procedimientos de molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. (FAO, 2019)

2.6.1.1 Composición fisicoquímica de la harina de trigo

La harina de trigo tiene la capacidad de producir gases, formar una masa cohesiva, dar productos aireados y livianos después del proceso de cocción. Esta propiedad, es debida a la composición fisicoquímica que tiene el trigo, en especial a las proteínas y su capacidad para formar la red glutéica. (León, 2019. Pág. 11) En la tabla 2.2, se muestra la composición fisicoquímica de la harina de trigo.

Tabla 2.2***Composición fisicoquímica de la harina de trigo***

Componentes	Porcentaje %
Humedad	10,0
Almidón	70,0
Proteína	8,0
Fibra	1,5
Grasa	1,5
Azucares	1,0
Ceniza	0,5

Fuente: León, 2019

2.6.1.2 Propiedades nutricionales de la harina de trigo

Los estudiosos señalan que uno de los elementos más importantes del trigo es la proteína que se encuentra en el gluten (Ramos, 2013. Pág. 60).

A lo largo de su historia, el ser humano ha sabido aprovechar el trigo y los productos derivados de sus harinas, por su alto valor nutritivo, ya que le aportan energía, proteínas, vitaminas y minerales (Ramos, 2013. Pág. 61).

2.6.1.3 Aplicaciones harina de trigo

La harina de trigo se destina a la elaboración de pan, galletas, pasteles, tortillas, pastas para sopas y una amplia gama de otros productos (Ramos, 2013. Pág. 60).

Otros usos se le dan al trigo, puesto que el que resulta de menos calidad se utiliza en la elaboración de bebidas alcohólicas y en la alimentación de animales. Por lo que respecta a los subproductos de la molienda, como salvado y salvadillo, se utilizan como alimento forrajero para animales, o para la elaboración de otros alimentos humanos con alto contenido de fibra. (Ramos, 2013. Pág. 61)

Para la elaboración de galletas, se utilizan las harinas flojas, que se obtiene, a partir de los trigos blandos. Su contenido proteico es inferior al 10% y dan masas menos elásticas. (García & Masip, 2018. Pág. 34-35)

2.6.2 Harina de maíz morado

La harina de maíz es un producto obtenido de la operación de molienda del grano de maíz morado seguido de un tamizado realizado para obtener harina de maíz más fina (Carrasco & Sánchez, 2019).

2.6.2.1 Maíz morado

El maíz morado es un conjunto de variedades de *Zea mays L.* que poseen un fruto de color morado. Crecen en los Andes del Perú, Bolivia y Argentina, dispersos y cultivados también en las costas del territorio peruano, desde mucho antes de los Incas. (Castillo, 2019. Pág.13)

Hay diferentes variedades de maíz morado, todas ellas provienen de una línea ancestral denominada “*Kculli*” que todavía se cultiva en el Perú (Castillo, 2019. Pág. 14). La clasificación taxonómica del maíz morado, se muestra a en la tabla 2.3:

Tabla 2.3

Taxonomía del maíz morado

Taxonomía	
Característica	Detalle
Familia	Gramíneas
Clase	Liliopsida
Especie	<i>Zea</i>
Reino	Plantae
Nombre científico	<i>Zea mays</i>
Nombre común	Maíz morado

Fuente: Gómez, 2018

2.6.2.2 Composición fisicoquímica de harina de maíz morado

Los datos presentados en la tabla 2.4, son de una investigación realizada sobre la harina de maíz morado en Argentina la cual realizo un estudio para conocer su composición fisicoquímica.

Tabla 2.4

Composición fisicoquímica de harina de maíz morado

Parámetro	Resultados %
Fibra	2,39
Ceniza	1,67
Humedad	11,1
Proteína	7,2
Hidratos de carbono	75,1
Materia grasa	4,93

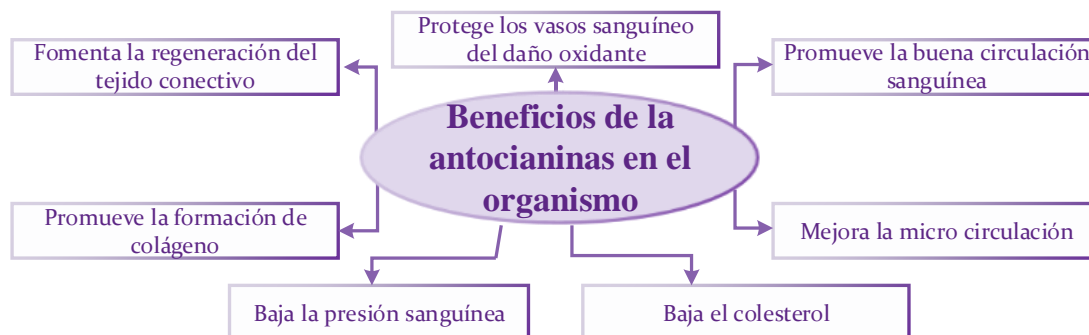
Fuente: CEQUIMAP, 2016

2.6.2.3 Propiedades nutricionales de harina de maíz morado

Según (Hernández, 2016) menciona que, el maíz morado se caracteriza por su alto contenido de antocianina, componente que presenta propiedades como: desintoxican al cuerpo de los agentes de la contaminación ambiental, desactivan sustancias cancerígenas, fortalecen el sistema inmune entre otras patologías.

Las propiedades nutricionales de la harina de maíz morado en el organismo proporcionan “beneficios en su consumo: baja la presión sanguínea, baja el colesterol, mejora la circulación sanguínea, protege los vasos sanguíneos del daño oxidante, ayuda la micro circulación y la regeneración de tejido conectivo y promueve la formación de colágeno” (Ipanaque, 2016. Pág.17).

En la figura 2.3, se muestran los beneficios que proporciona el maíz morado debidos a sus propiedades antioxidantes según investigaciones realizadas las cuales fueron resumidas en un esquema.



Fuente: (Ipanaque, 2016)

Figura 2.3: Beneficios de maíz morado en el organismo

2.6.2.2.1 Antocianinas

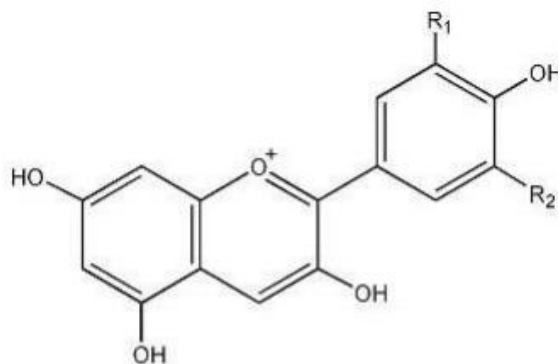
Según (Aguilera et al., 2011), indica que, las antocianinas son interesantes por dos razones. La primera por su impacto sobre las características sensoriales de los alimentos, las cuales pueden influenciar su comportamiento tecnológico durante el procesamiento de alimentos y la segunda, por su implicación en la salud humana a través de diferentes vías.

Según (Yang et al., 2009), el maíz morado posee seis antocianinas, las cuales son:

- La cyanidina 3-O-β-D glucósido.
- La pelargonidin 3-O-β-D-glucósido.
- La peonidin 3-O-β-D-glucósido.
- La cyanidin 3-O-β-D-(6-malonyl-glucósido).
- La pelargonidin 3-O-β-D-(6-malonyl-glucoside).
- La peonidin 3-O-β-D-(6-malonyl-glucósido).

Donde la cyanidina constituye alrededor del 70% en la composición de maíz morado.

En figura 2.4, se muestra la estructura química de la antocianina



Fuente: Palacios, 2011

Figura 2.4: Estructura química antocianina

2.6.2.3 Aplicaciones harina de maíz morado

Los usos gastronómicos están elaboración de harina, tortillas, pan y la famosa chicha morada, bebida que se obtiene al hervir los granos con especias y frutas, rica en antioxidantes. vitaminas y minerales. En el área industrial se utiliza como colorante

vegetal natural para postres, en el área textil los incas lo utilizaban para teñir la lana. (Melara, 2021)

2.7 Caracterización de los insumos utilizados para la elaboración de galleta con harina de maíz morado

Los insumos que se añaden a la masa para subsanar las distintas anomalías en la harina, así como correctores de la masa para conseguir una linealidad en las galletas tras el procesado.

2.7.1 Huevo de gallina

El huevo entero proporciona estructura a la masa de galletas, donde crea una red de proteínas que actúa de manera similar a las proteínas de las harinas, haciendo que cuando hornea la masa mantenga una forma. (García, 2013) Según (Puigbó, 1999) señala algunas de las características del huevo en la panadería (Pág. 81).

- Poder emulsivo
- Ingrediente para dar color y viscosidad
- Capacidad de coagulación (empleado sobre todo en cremas)
- Fácil de esponjar

2.7.2 Azúcar en polvo

El azúcar extraído de la caña de azúcar ha sido refinado varias veces, lavándolo y filtrándolo hasta que queda un sirope transparente que se hierve para que cristalice y se pulveriza para obtener un producto granulado. El azúcar glas es el mismo azúcar blanco granulado, pero mucho más pulverizado, el azúcar en polvo evita que la masa se extienda mucho al hornearla (García, 2013). Los azúcares, contribuyen sobre el aspecto y la textura de las galletas; al igual que los jarabes de los azúcares reductores también controlan la textura de las galletas. (García & Masip, 2018)

Según Paucar (2014), explica que las galletas ricas en azúcar se caracterizan por una estructura altamente cohesiva y una textura crujiente. Durante la cocción, los azúcares reductores controlan la intensidad de la reacción de Maillard que produce coloraciones morenas en la superficie.

2.7.3 Materia grasa

Las grasas desempeñan una misión antiglutinante en las masas, contribuyen a su plasticidad y su adición suaviza la masa y actúa como lubricante. Además, las grasas juegan un papel importante en la textura de las galletas, ya que estas resultan menos duras de lo que serían sin ellas. (Paucar, 2014)

2.7.3.1 Mantequilla Vegetal

La mantequilla es un producto graso que consiste principalmente en una emulsión del tipo agua en aceite, derivado exclusivamente de la leche y/o de productos obtenidos de la leche (CODEX ALIMENTARIO, 2019. Pág. 23). Es probablemente uno de los ingredientes más importantes utilizados en la industria galletera. En las masas actúan como anti aglutinante y determinan las características de la textura, de forma que las galletitas resultan menos duras (Lezcano, 2010).

2.7.3.2 Manteca vegetal

La manteca vegetal tiene una buena capacidad para formar cremas suaves, ligeras al batirlas, proporcionan elasticidad y poder conferirles aire con el batido, actúan de leudante ayudando a que las masas crezcan en el horno. Batir la manteca con los azúcares antes de añadir el resto de ingredientes hace que las galletas queden más esponjosas, crezcan un poco más. En el caso que se pase el batido quedarán unas galletas muy crujientes, pero extremadamente quebradizas. La masa de galleta con manteca vegetal puede expandirse más al hornearlas, dependiendo de la cantidad que se haya utilizado. Cuanta menos manteca y menos azúcar, menos se expandirán, pero si añadimos demasiada la masa puede desparramarse por toda la bandeja del horno. (García, 2013)

2.7.3.3 Aceites vegetales

Los aceites como el aceite de oliva, de girasol, de maíz, de soja, etc. no se usan tanto para hacer galletas, pero también se pueden usar, dependiendo de lo que queramos lograr. La principal diferencia con las margarinas y otras grasas sólidas a temperatura ambiente es que no “montan”, es decir, no podemos batirlos ni solos ni con azúcares para formar una crema que ayude a que la masa crezca más, por lo que podemos acabar

con masas más planas. También tienden a hacer que la masa se extienda en la bandeja del horno más rápidamente y acortan mucho más las cadenas de gluten lo que nos pueden quedar galletas más quebradizas. (García, 2013)

2.7.4 Polvo para hornear

El polvo de hornear se utiliza para aumentar el volumen de masas, en especial de pastelería y confitería. Está compuesto por almidón de maíz, fosfato, mono cálcico, bicarbonato de sodio, carbonato de calcio (Ospina, 2010).

2.7.5 Leche

Según (Codex alimentarios, 1999) define como “leche a la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida”. La leche suele utilizar en forma deshidratada o entera las características de sabor que imparte a las galletitas son muy valoradas (Lezcano, 2015).

Según (CAPLAB, 2011) la “función de la leche en la pastelería” (Pág. 49).

- Evita que los pasteles se desmoronen y que las galletas se quiebren.
- Brinda sabor y valor nutritivo en los panes y pasteles.
- Mejora el color de la corteza

2.7.6 Almidón de maíz

El almidón es un polímero de glucosa presente en forma granular en determinadas especies vegetales, sobre todo en semillas de cereales (legumbres, maíz, trigo, arroz, frijoles, guisantes) y tubérculos (tapioca, patata). El polímero consta de unidades de anhidro- α -D-glucosa unidas (CODEX ALIMENTARIO, 2019. Pág. 31).

Los almidones en polvo ayudan a formar la estructura de las galletas. El más conocido y más usado es el almidón de maíz o “maicena”, que junto con el agua forma un gel denso y duro. Da una textura gomosa si añadimos demasiado, pero en su justa cantidad retiene humedad y hace la masa más elástica. (García, 2013. Pág. 10)

2.8 Descripción del método de preparación utilizados para la elaboración de galletas con harina de maíz morado

La forma en la que mezclamos los ingredientes también determina la textura que tendrán las galletas. Hay tres métodos principales para hacer galletas: directo, cremado, arenado.

2.8.1 Directo

Consiste en poner todos los ingredientes en el bol y mezclarlos hasta obtener una masa homogénea. Es el método que menos se usa porque no podemos controlar bien la textura que tendrá la masa, si estará bien aireada, cremosa, etc. Las galletas tienden a quedar más duras y en ocasiones irregulares o duras si hemos amasado mucho se desarrolla gluten. (García, 2013. Pág. 38)

2.8.2 Cremado

Consiste en batir primero la margarina con el azúcar a mano hasta que quede una crema suave y ligera, casi esponjosa. De esta forma incorporamos a la masa más aire para que crezca en el horno y nos queden galletas suaves y crujientes (García, 2013. Pág. 38). Este método es utilizado para las masas dulces, ya que los líquidos no penetran tan rápido en la harina y se puede evitar que las masas tomen elasticidad (Sebess, 2009).

2.8.3 Arenado o Sablage

Consiste en batir la margarina con la harina para formar una masa arenosa. Al cubrir las grasas con la harina se evita que absorban agua y limita el desarrollo de gluten, haciendo una pasta más tierna y que crezca más en capas. Se utiliza este método para obtener galletas planas, crujientes y ligeras. (García, 2013. Pág. 38)

CAPÍTULO III
DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Desarrollo de la parte experimental

El presente trabajo de “Elaboración de galleta con harina de maíz morado”, se realizó en el Laboratorio Carrera de Ingeniería de Alimentos (LCIA) y Laboratorio de Taller de Alimentos (LTA), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS).

3.2 Tipo de intervención para la parte experimental

El presente trabajo de investigación de “Elaboración de galleta con harina de maíz morado”, se utilizó la metodología experimental de laboratorio con el fin de desarrollar un producto novedoso a base a los siguientes métodos:

- Análisis fisicoquímico y microbiológico de la harina de maíz morado y harina de trigo.
- Análisis diseño factorial 2^3 para la etapa de dosificación de la galleta con harina de maíz morado.
- Análisis diseño factorial 2^2 para la etapa de horneado de la galleta con harina de maíz morado.
- Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la galleta con harina de maíz morado.
- Operacionalización de las variables para la elaboración de la galleta con harina de maíz morado.

3.3 Paradigma investigativo

El paradigma investigativo según (Andia *et al.*, 2003) posee una concepción positivista, objetiva, particularista, hipotética-deductiva que está orientada en resultados obtenidos de procesos realizados para resolver una investigación. Según (Hernández *et al.*, 2014) un paradigma positivista cuantitativo se basa recolección de datos y análisis estadísticos de resultados, con el fin de comprobar la hipótesis planteada en un trabajo.

3.4 Tipo de investigación

Según (Morlote & Celiseo, 2004) la investigación es el estudio de procesos que describe datos que se obtienen en el campo del conocimiento estos pueden o no pueden ser controlados, donde generan respuestas de interés científico. Para (Bernal, 2010); la investigación explicativa tiene como fundamento la prueba de hipótesis y busca conclusiones que lleven a la formulación de principios científicos. (Pág. 115)

3.5 Enfoque de la investigación

Un enfoque según (Gallardo, 2017), es la manera que tiene el investigador de ver un problema y plantearse como resolverlo. Para (Hernández et al., 2014), el enfoque cuantitativo es una serie de procesos que se encuentran en un orden secuencial y lógico que guían para probar la hipótesis planteada con ayuda de análisis estadísticos.

El presente trabajo de investigación de elaboración de galleta con harina de maíz morado, se llevó a cabo a través de un enfoque cuantitativo.

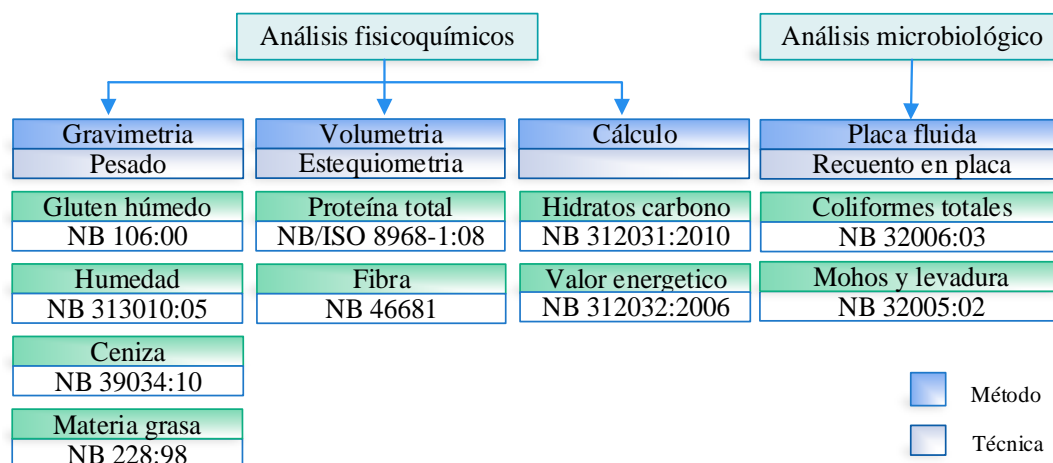
3.6 Métodos- técnicas e instrumentos

El método según (Baena, 2017) se encuentra relacionado con la ciencia, a lo largo de la historia se ve vinculada la observación de hechos empíricos y con los conocimientos teóricos escritos, seguido de un control en el proceso al momento de realizar los pasos. Para (Ñaupas *et al.*, 2014), las técnica e instrumentos de investigación se refieren a los procedimientos y herramientas mediante las cuales se recogerá los datos necesarios para probar la hipótesis de investigación planteada.

Los métodos y técnicas que serán utilizados en el presente trabajo de investigación.

3.6.1 Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de trigo

En la figura 3.1, se muestran los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a la harina de trigo en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

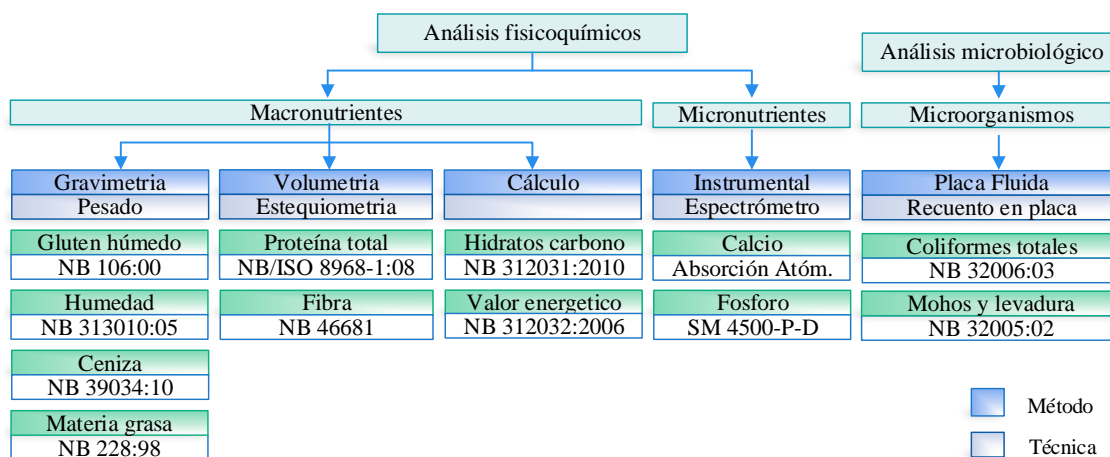


Fuente: CEANID, 2021

Figura 3.1: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de trigo

3.6.2 Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de maíz morado

En la figura 3.2, se muestran los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a la harina de maíz morado variedad Kulli en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.



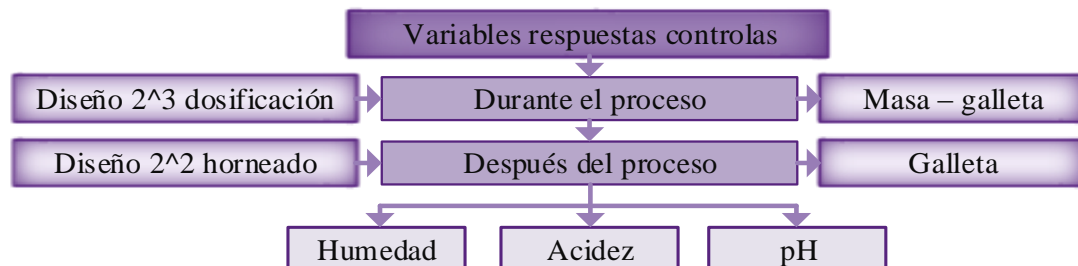
Fuente: CEANID, 2021

Figura 3.2: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de maíz morado

3.6.3 Control a las variables respuestas de la galleta con harina de maíz morado

El control de las variables respuestas para el trabajo investigación, se realizó en el pH, acidez y contenido de humedad; las cuales fueron controladas en el Laboratorio Carrera

de Ingeniería de Alimentos (LCIA). En la figura 3.3, se muestran variables respuestas controladas en el proceso de elaboración de galletas en los diseños experimentales aplicados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3: Control de las variables respuestas del proceso de la galleta con harina de maíz morado

3.6.4 Equipos utilizados en el proceso de elaboración de la galleta con harina de maíz morado

En la figura 3.4, se detallan las especificaciones técnicas de los equipos utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado. En la figura A.1 (Anexo A), se muestran los equipos utilizados.

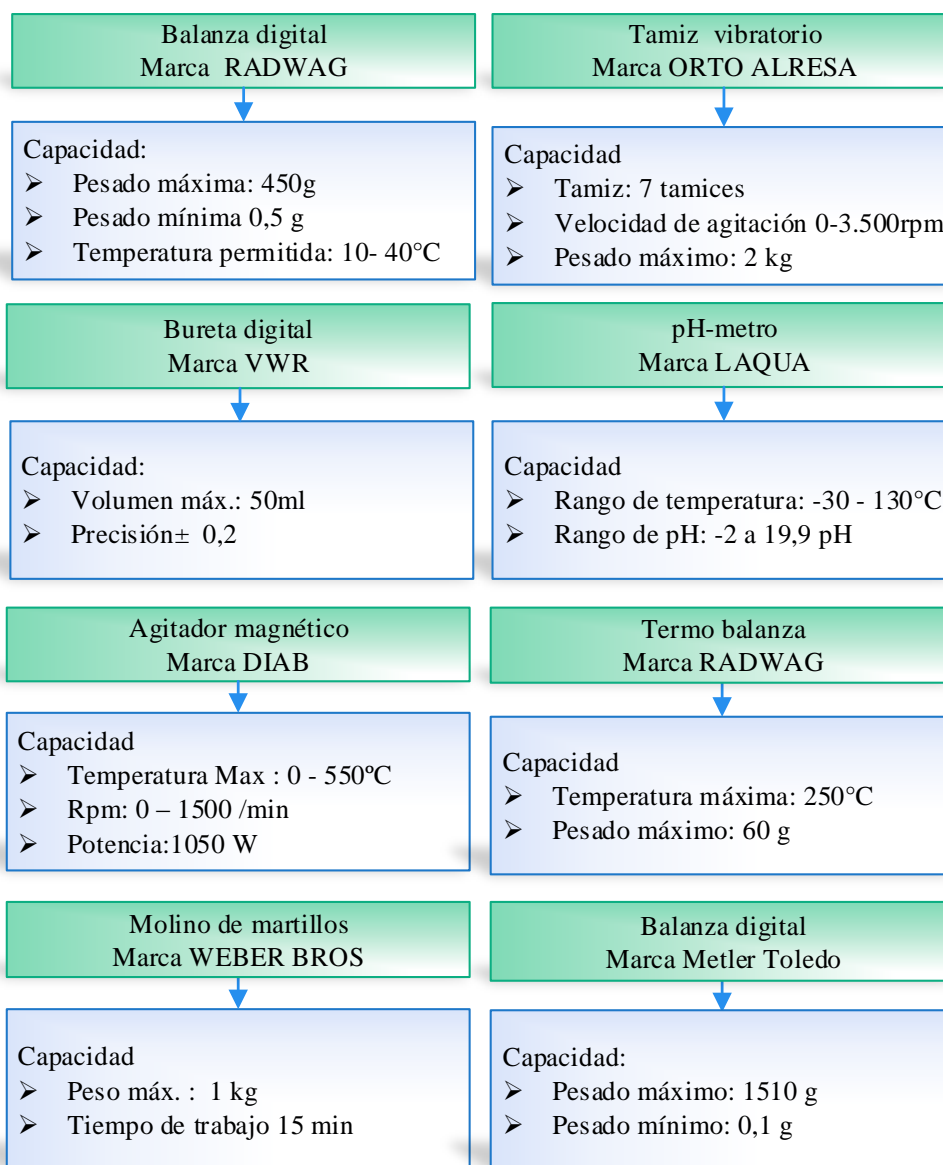


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4: Equipos utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

3.6.4 Instrumentos utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

En la figura 3.5, se detallan las especificaciones técnicas de los instrumentos utilizados para la recopilación de datos en la galleta con harina de maíz morado. En la figura A.2 (Anexo A), se muestran los instrumentos utilizados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5: Instrumentos laboratorio utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

3.6.5 Materia prima utilizada en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

En la figura 3.6, se detallan las especificaciones de materia prima utilizada para la elaboración de la galleta con harina de maíz morado.

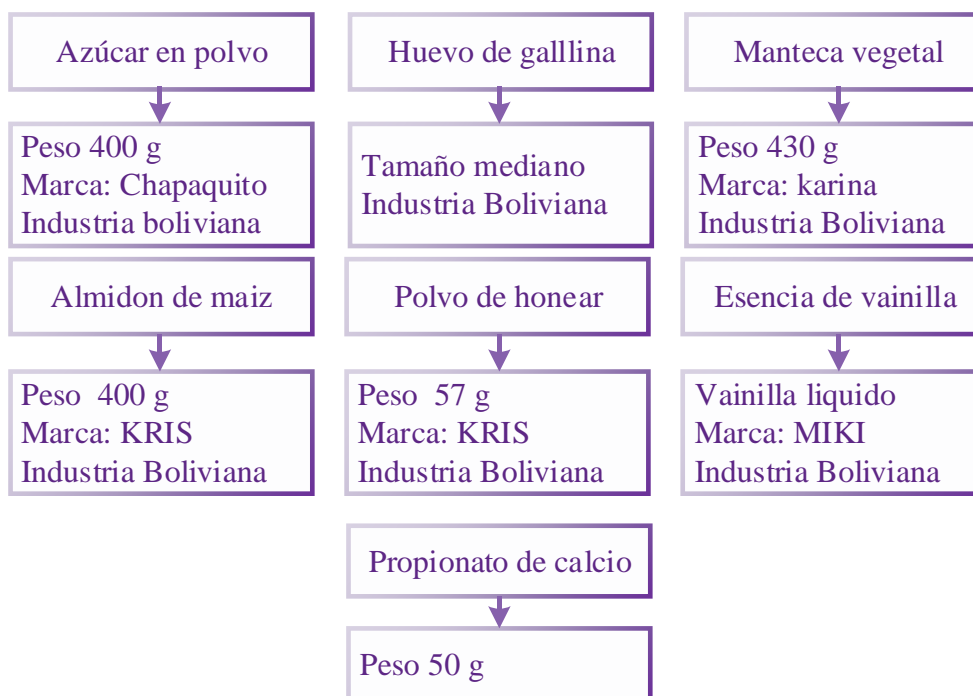


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6: Materias primas utilizadas en el proceso

3.6.6 Insumos utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

En la figura 3.7, se detallan las especificaciones de los insumos utilizados para la elaboración de la galleta con harina de maíz morado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7: Insumos utilizados en el proceso

3.6.7 Material de laboratorio utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

En la figura A.3 (Anexo A) se muestra los materiales utilizados en el laboratorio. El material de laboratorio utilizado en el presente trabajo de investigación, se detalla a continuación:

- **Espátula:** tamaño mediano de acero inoxidable
- **Mortero con mazo:** tamaño mediano de porcelana
- **Vaso de precipitación:** capacidad 100 ml de vidrio
- **Vaso de precipitación:** capacidad 250 ml de vidrio
- **Erlenmeyer:** capacidad 250 ml de vidrio
- **Probeta:** capacidad 100ml de vidrio
- **Embudo:** tamaño mediano de vidrio
- **Matraz aforado:** capacidad 250 ml de vidrio

3.6.8 Utensilios de cocina utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

Los utensilios de cocina que se utilizaron para el presente trabajo de investigación son:

- **Colador:** tamaño mediano de plástico
- **Espátula:** tamaño mediano de plástico
- **Molde circular:** tamaño mediano de aluminio
- **Papel mantequilla:** tamaño de 10 x 20 cm

3.6.9 Reactivos químicos de laboratorio

Para la determinación de acidez en la elaboración de galleta con harina de maíz morado, se utilizó los siguientes reactivos químicos.

- **Hidróxido de sodio 0,1 N**
- **Azul de bromatimol 0,1 %**

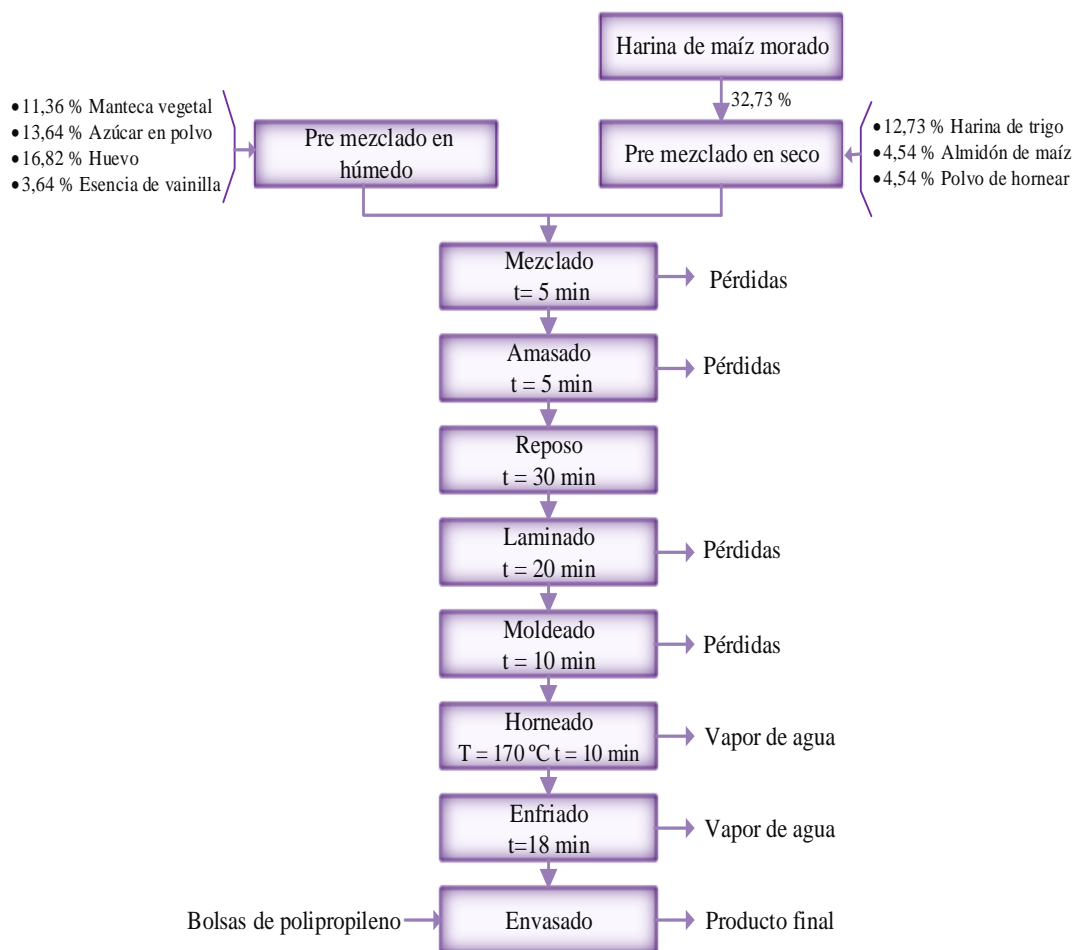
3.6.10 Software exclusivo utilizado para la resolución de datos en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

Los programas de software que se utilizaron en el presente trabajo de investigación de elaboración de galleta con harina de maíz morado son:

- Microsoft office 2016
 - ✓ **Word**
 - ✓ **Excel**
 - ✓ **Visio**
- Software estadístico
 - ✓ **Statgraphics:** versión 2016
 - ✓ **Minitab:** versión 2019

3.7 Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

En la figura 3.8, se muestra el diagrama de flujo que se utilizó para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8: Diagrama de flujo de elaboración de galleta con harina de maíz morado

3.7.1 Descripción del diagrama de flujo para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

A continuación, se realiza la descripción del diagrama de flujo.

3.7.1.1 Harina de maíz morado

El grano de maíz morado variedad Kulli que se utilizó para la molienda, que procede del departamento de Tarija de la zona alta de la provincia Méndez, Comunidad Melonpujio, conocido como maíz morado o negro en esta zona se acondicionó para la molienda desgranando el maíz morado de la mazorca.

En la figura 3.9, se muestra las mazorcas de maíz morado y la figura 3.10, muestra los granos de maíz morado.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.9: Maíz morado



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.10: Granos de maíz morado

3.7.1.2 Molienda y tamizado

La molienda del maíz morado, se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU), perteneciente a la Carrera de Ingeniería Química, en el molino de martillos. El tamizado de la harina de maíz morado, se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU), perteneciente a la Carrera de Ingeniería Química; la malla de tamiz utilizado es 0,5 mm y 0,24 mm. En la figura 3.11, se muestra el proceso de molienda y tamizado realizado a la harina de maíz morado.



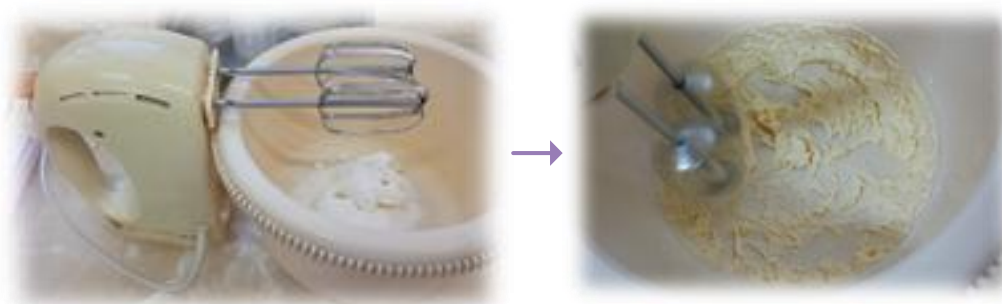
Fuente: LOU
Figura 3.11: Molienda y tamizado de harina de maíz morado

3.7.1.3 Pre mezclado húmedo

El pre mezclado en húmedo se realizó en el laboratorio Taller de Alimentos (LTA), donde se mezcló con una batidora eléctrica manual con los siguientes ingredientes húmedos fueron:

- 11,36 % manteca vegetal
- 13,64 % azúcar en polvo
- 16,82 % huevos
- 3,64 % esencia de vainilla

Con el fin de hacer una emulsión a velocidad media de tres por un tiempo de tres minutos, donde para obtener el cremado se comenzó mezclando la manteca vegetal con el azúcar hasta formar una crema suave de a poco se va agregando los huevos de gallina y esencia hasta obtener una crema esponjosa. En la figura 3.12, se muestra como se realizó la etapa de cremado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12: Etapa de cremado

3.7.1.4 Pre mezclado en seco

El pre mezclado de ingredientes secos se realizó tamizando un 32,73 % harina de maíz morado, 12,73 % harina de trigo, 4,54 % almidón de maíz, 4,54 % polvo de hornear a través de un colador de plástico. Esto se realizó con el fin de eliminar grumos en la harina, así también, para airear las partículas en la harina. En la figura 3.13, se muestra el pre mezclado en seco realizado a las harinas.

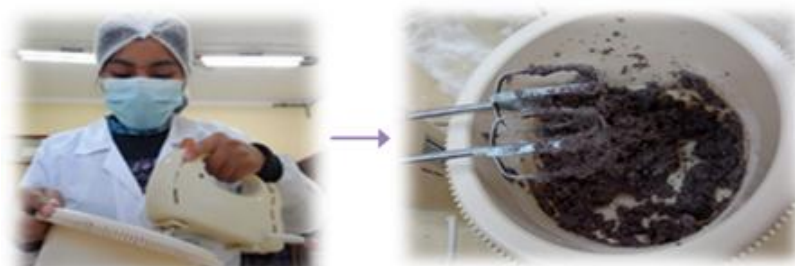


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13: Pre mezclado en seco

3.7.1.5 Mezclado

Se mezcló ambas pre mezclas en húmedo y en seco para formar la masa. Al pre mezclado en húmedo se agregó poco a poco la mezcla de harinas del pre mezclado en seco a través de una batidora eléctrica manual a una velocidad media de tres, evitando el sobre batido en la mezcla final por un tiempo de dos minutos. En la figura 3.14, se muestra el mezclado para formar la masa de galletas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14: Mezclado general en la masa

3.7.1.6 Amasado

El amasado, se realizó hasta obtener una masa suave y firme, por un tiempo de 5 minutos, en forma envolvente evitando se active el gluten que ocasiona una galleta dura. En la figura 3.15, se muestra el amasado realizado a la masa de galleta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15: Amasado de la masa galletas

3.7.1.7 Reposo

Se llevó a reposo la masa de galletas al Freezer o refrigerador por un tiempo de 30 minutos en un ambiente frío; con el fin de evitar que la masa esté pegajosa y no se deforme en el horneado. En la figura 3.16, se muestra la masa de galletas en reposo en el Freezer.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16: Masa en Freezer

3.7.1.8 Laminado y moldeado

El laminado, se realizó en Laboratorio de Taller de Alimentos (LTA), donde se extendió la masa de galletas por una máquina laminadora de rodillos cilíndricos con un espesor de 8 mm en papel mantequilla para evitar que se pegue en los rodillos y así obtener una masa laminada uniforme.

Una vez obtenida la masa laminada, se procedió a realizar el moldeado, cortando la masa de galletas con un molde circular de acero inoxidable con un diámetro de 3 cm,

el cual luego serán transportado en una bandeja de aluminio con papel mantequilla para evitar que se peguen, donde se colocó la masa moldeada.

En la figura 3.17, se muestra como se realizó el laminado de la masa de galletas y en la figura 3.18, el moldeado de la masa a la forma de galletas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17: Laminado de la masa



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18: Moldeado de la masa

3.7.1.9 Horneado

El horneado de la masa se realizó en un horno semi industrial, donde se procedió a precalentar el horno a una temperatura de 170 °C por 15 min. Una vez moldeado la masa cruda de galletas y puesta a las bandejas de aluminio se procedió a llevarla al horno por un tiempo de 10 min, donde la temperatura se mantiene constante a 170 °C, con ayuda de un termómetro de mercurio introducido en la parte posterior del horno. En la figura 3.19, se muestra las galletas saliendo del horno.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19: Horneado de galletas

3.7.1.10 Enfriado

Una vez que se saca la bandeja de galletas ya cocidas del horno se las deja enfriando a temperatura ambiente de 25 °C, esto debido a que se provoca un cambio de temperatura en las galletas al salir del horno, donde estas estaban a temperatura interna de ± 170 °C y pasa a adquirir una temperatura externa de ± 25 °C. Esto se realizó por un tiempo de 18 minutos. En la figura 3.20, se muestran las galletas durante el tiempo que estuvieron enfriando.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20: Enfriado de galletas

3.7.1.11 Envasado

El envasado se realizó en bolsas polipropileno de mediana densidad, con el fin de proteger al producto del medio que lo rodea y conservar su calidad, evitando que adquiriera humedad u olores extraños del ambiente. En la figura 3.21, se muestra las galletas envasadas.



Fuente: Elaboración propia

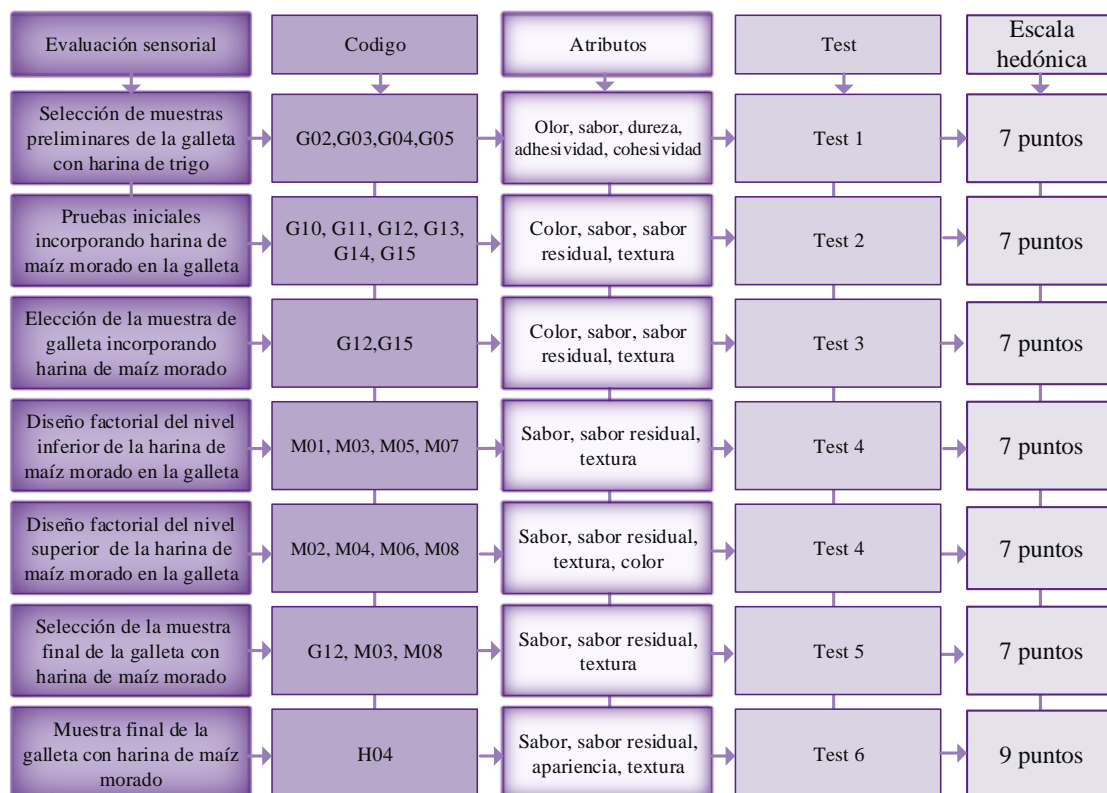
Figura 3.21: Envasado de galletas

3.8 Análisis sensorial de los alimentos

El análisis sensorial es la caracterización y aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador y de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume (Hernández, 2005. Pág. 12).

El análisis de datos se realiza a través de diferentes métodos estadísticos, es necesario cuando se entrega un informe sobre los resultados obtenidos de la aplicación de un panel de evaluación sensorial, hacer referencia a los métodos estadísticos utilizados (Hernández, 2005. Pág. 46).

El análisis sensorial que se utilizó en el trabajo de investigación fue con el propósito de conocer el agrado o desagrado del producto, se utilizó escala hedónica de 7 y 9 puntos para la recolección de datos a través de jueces no entrenados. En la figura 3.22, se muestra las evaluaciones sensoriales realizadas de las galletas en todo el proceso de elaboración de galletas utilizando a 20 jueces no entrenados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.22: Evaluación sensorial de galleta con harina de maíz morado

3.9 Diseño experimental

El diseño experimental “consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen

evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación” (Gutiérrez & Salazar, 2008. Pág. 5).

3.10 Diseño factorial 2^k

La matriz de diseño que contiene el total de tratamientos a evaluar se obtiene encontrando las posibles combinaciones que se forman con los niveles de los k factores, donde cada factor tiene al menos dos niveles (Gutiérrez & Salazar, 2008. Pág. 238).

En la ecuación 3.1, se muestra el diseño factorial a ser aplicado en la parte experimental del presente trabajo de investigación.

$$2^k \qquad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

2= número de niveles

K= número de variables

3.10.1 Diseño factorial 2^3 para la etapa de dosificación del proceso de elaboración de la galleta con harina de maíz morado

El trabajo de investigación “Elaboración de galleta con harina de maíz morado” se tomó en cuenta la variación de la dosificación en el proceso de elaboración de la galleta, el porcentaje de harina maíz morado, manteca vegetal y almidón de maíz, que contará con dos niveles. En la tabla 3.1, se detalla los niveles de variación utilizados para la etapa de dosificación del proceso de elaboración de la galleta.

Tabla 3.1

Nivel de variación de los factores para la dosificación

Variable de dosificación	Nivel inferior	Nivel superior	Porcentaje
Harina maíz morado	30	33	%
Manteca vegetal	10	12	%
Almidón de maíz	4	5	%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.2, se muestra la disposición matricial de las variables respuestas que se utilizaron en la etapa de dosificación de las galletas con harina de maíz morado.

Tabla 3.2**Matriz experimental de las variables de dosificación del proceso**

Pruebas	Tratamiento	Factores			Interacción				Respuesta pH	Respuesta humedad	Respuesta acidez
		A	B	C	AB	AC	BC	ABC			
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y ₁	Y ₁	Y ₁
2	a	+	-	-	-	-	+	+	Y ₂	Y ₂	Y ₂
3	b	-	+	-	-	+	-	+	Y ₃	Y ₃	Y ₃
4	ab	+	+	-	+	-	-	-	Y ₄	Y ₄	Y ₄
5	c	-	-	+	+	-	-	+	Y ₅	Y ₅	Y ₅
6	ac	+	-	+	-	+	-	-	Y ₆	Y ₆	Y ₆
7	bc	-	+	+	-	-	+	-	Y ₇	Y ₇	Y ₇
8	abc	+	+	+	+	+	+	+	Y ₈	Y ₈	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Diseño factorial 2² para la etapa de horneado en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

Para el proceso de horneado, se tomó en cuenta los factores de variación de tiempo y temperatura de horneado cada uno con dos niveles. En la tabla 3.3, se detallan los niveles de variación utilizados en el proceso de horneado de galleta.

Tabla 3.3**Nivel de variación de los factores de la etapa de horneado**

Variables de horneado	Nivel inferior	Nivel superior
Temperatura (T)	150 °C	170 °C
Tiempo (θ)	14 min	10 min

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.4, se muestra la disposición matricial de las variables utilizadas en la etapa de horneado de las galletas con harina de maíz morado.

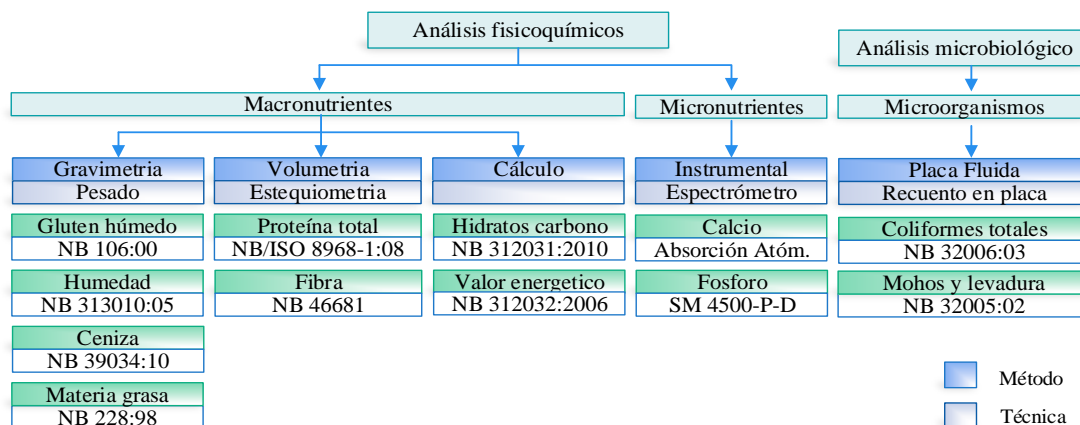
Tabla 3.4**Disposición matricial de variables en la etapa de horneado**

Corridas	Tratamiento	Factores		Interacción	Respuesta humedad
		T	θ	T* θ	Y _i
1	(1)	-	-	+	Y ₁
2	a	+	-	-	Y ₂
3	b	-	+	-	Y ₃
4	ab	+	+	+	Y ₄

Fuente: Elaboración propia

3.11 Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la galleta con harina de maíz morado

En la figura 3.23, se muestran los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a la galleta con harina de maíz morado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la facultad de Ciencia y tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.



Fuente: CEANID, 2021

Figura 3.23: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la galleta con harina de maíz morado

3.12 Operacionalización de las variables para la elaboración de galleta con harina de maíz morado

En el cuadro 3.1, muestra la operacionalización de variables que se realizó para elaboración de galleta con harina de maíz morado.

Cuadro 3.1***Operacionalización de las variables para la elaboración de galleta con harina de maíz morado***

Hipótesis	Variables		Conceptualización de la variable	Sub variables	Indicadores
La aplicación de la tecnología de cereales permitió desarrollar una metodología experimental para obtener galleta con harina de maíz morado de calidad nutricional para la población de la provincia Cercado.	Independiente	Tecnología de cereales	Es la transformación de cereales desde su cosecha hasta su consumo como un producto final. (García, 2013)	Dosificación	(%)
				Horneado	(°C)
					(min)
	Dependiente	Galleta con harina de maíz morado	Es la mezcla de harina, azúcar, grasa y otros agregados que forman una masa no fermentada que pasa por un proceso de cocción. (Código Alimentario Argentino, 2003)	Humedad	(%)
				Hidratos de carbono	(%)
				Proteínas	(%)
				Materia grasa	(%)
				Fibra	(%)
				Ceniza	(%)
				Valor energético	(Kcal/100g)
				Acidez	(%)
				Calcio	(mg/100g)
				Fósforo	(mg/100g)
				Gluten húmedo	(%)
Mohos y Levaduras	(UFC/g)				
Coliformes totales	(UFC/g)				

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la harina de trigo y maíz morado

En la caracterización de las harinas de trigo y maíz morado, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las harinas, los cuales se detallan a continuación:

4.1.1 Análisis fisicoquímicos de la harina de trigo

En la tabla 4.1; se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de trigo de los datos extraídos del (Anexo B).

Tabla 4.1

Análisis fisicoquímicos de harina de trigo

Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	%	1,09
Ceniza	%	0,34
Materia grasa	%	1,60
Hidratos de carbono	%	77,69
Humedad	%	9,36
Proteína total (N × 5,70)	%	9,92
Valor energético	Kcal/100 g	364,84
Gluten húmedo	%	26,16

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.1; se puede observar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de trigo que presenta: fibra 1,09 %, ceniza 0,34 %, materia grasa 1,60 %, hidratos de carbono 77,69 %, humedad 9,36 %, proteína total (N × 5,70) 9,92 %, valor energético 364,84 Kcal/100 g y gluten húmedo 26,16 %.

4.1.2 Análisis microbiológico de la harina de trigo

En la tabla 4.2; se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de trigo de datos extraídos del (Anexo B).

Tabla 4.2

Análisis microbiológico de harina de trigo

Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	$3,3 \times 10^2$
Mohos y Levadura	UFC/g	$3,8 \times 10^2$

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.2; se observa los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de trigo que presenta: Coliformes totales $3,3 \times 10^2$ UFC/g, Mohos y Levadura $3,8 \times 10^2$ UFC/g.

4.1.3 Análisis fisicoquímicos de la harina de maíz morado

En la tabla 4.3, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de maíz morado de los datos extraídos del (Anexo B).

Tabla 4.3

Análisis fisicoquímicos de harina de maíz morado

Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	%	0,52
Materia grasa	%	5,84
Hidratos de carbono	%	76,40
Ceniza	%	1,48
Humedad	%	8,74
Proteína total	%	7,02
Valor energético	Kcal/100 g	386,24
Gluten húmedo	%	n.d.
Calcio	mg/100g	7,10
Fósforo	mg/100g	100,30

Fuente: CEANID, 2022 n.d.= No detectable

En la tabla 4.3, se puede observar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizados a la harina de maíz morado variedad kulli, que presenta: fibra 0,52 %, materia grasa 5,84 %, hidratos de carbono 76,40 %, ceniza 1,48 %, humedad 8,74 %, proteína total 7,02 % y valor energético 386,24 Kcal/100g, gluten húmedo (n.d.), calcio 7,10 mg/100g, fósforo 100,30 mg/100g.

4.1.4 Análisis microbiológico de la harina de maíz morado

En la tabla 4.4, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de maíz morado de datos extraídos del (Anexo B).

Tabla 4.4

Análisis microbiológico de harina de maíz morado

Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y Levadura	UFC/g	$2,8 \times 10^2$

Fuente: CEANID, 2022

(*) = No se observa desarrollo de colonias

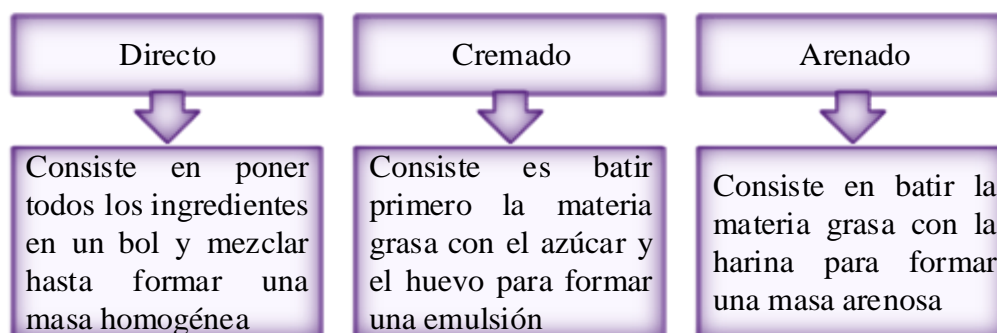
En la tabla 4.4, se observa los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de maíz morado que presenta: Coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, Mohos y Levadura $2,8 \times 10^2$ UFC/g.

4.2 Caracterización de las variables del proceso de elaboración de la galleta con harina de maíz morado

Para la caracterización de las variables del proceso de elaboración de la galleta con harina de maíz morado variedad Kulli, se tomó en cuenta ensayos preliminares para seleccionar el método de preparación, seguido de pruebas preliminares y pruebas iniciales con el fin de obtener una muestra de galleta ideal.

4.2.1 Ensayos preliminares para la elaboración de la galleta con harina de trigo

A nivel experimental, se utilizaron tres métodos de preparación para la elaboración de la galleta con harina de trigo con la finalidad de tener una metodología experimental. En la figura 4.1, se definen los métodos de preparación utilizados (García, 2013) para las galletas son: directo, cremado y arenado.



Fuente: García, 2013

Figura 4.1: Métodos de preparación de galletas con harina de trigo

Así mismo, en función a la tabla 4.5, se detallan las formulaciones de las galletas con harina de trigo (Ontiveros, 2021), variando los porcentajes en las muestras, se partieron en siete ensayos preliminares, utilizado como base la harina de trigo, materia grasa y azúcar.

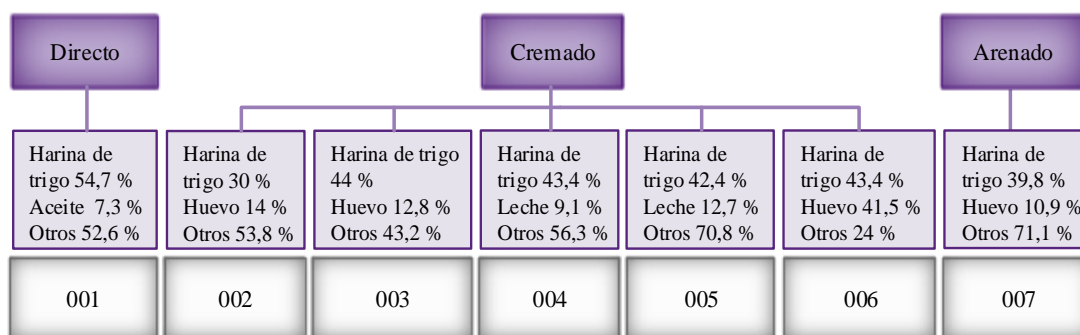
Tabla 4.5

Variación de formulación de la galleta con harina de trigo

Materia prima / insumos	Rango	Unidad
Harina de trigo	30 - 54,7	%
Materia grasa (mantequilla vegetal, aceite de girasol)	7,3 - 23	%
Azúcar	12 - 22,9	%

Fuente: Ontiveros, 2021

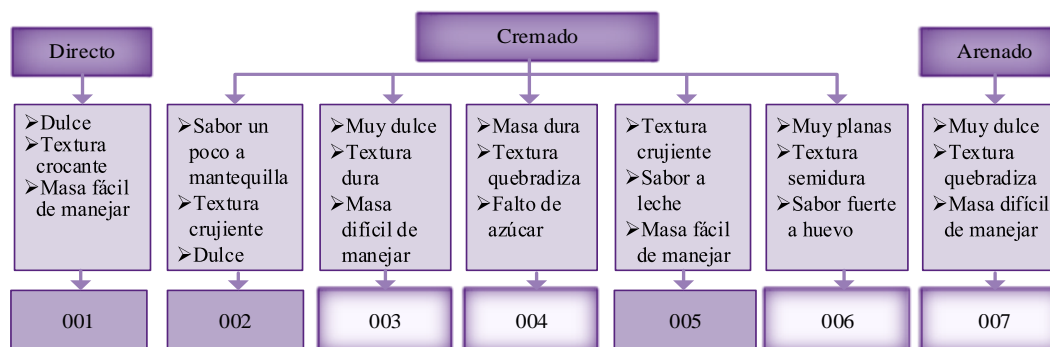
En la figura 4.2, se detallan los métodos de preparación a utilizados para las galletas con harina de trigo de acuerdo a los rangos de formulación en la tabla 4.5.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Formulación para ensayos preliminares para la galleta con harina de trigo

Los ensayos preliminares fueron realizados durante la pandemia de Covid-19, por este motivo se realizó una valoración subjetiva, utilizando al personal de Laboratorio de Taller de Alimentos (LTA). En la figura 4.3, se detallan las muestras de galleta con harina de trigo valoradas de manera subjetiva para la elección del método de preparación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Valoración subjetiva para ensayos preliminares de la galleta con harina de trigo

En la figura 4.3, se detallan las muestras que mayor grado de aceptación tuvieron las cómo ser: 002, 005 y 006, debido a que presentaron mejor sabor y textura a comparación con las muestras 001, 003, 004 y 007 que tenían una textura quebradiza, sabor no tan agradable o muy dulce y su masa era difícil de manejar.

El método de preparación seleccionado fue el método del cremado, debido a que da una mejor textura crujiente y el método directo que se obtiene una de textura crocante.

4.2.1.1 Pruebas preliminares para la formulación de galleta con harina de trigo

Las ensayos preliminares se realizaron seleccionando dos métodos de preparación, tres muestras seleccionadas a través de una valoración subjetiva (002, 005 y 006); donde para las pruebas preliminares de la formulación de las galletas con harina de trigo se utilizó la variación en el porcentaje de los ingredientes: harina de trigo, almidón y materia grasa (mantequilla vegetal, manteca vegetal y aceite de girasol); cada uno de ellos en función a la tabla 4.6; según (García, 2013) la variación de materia grasa hace que cambie tanto la textura y sabor en la galleta.

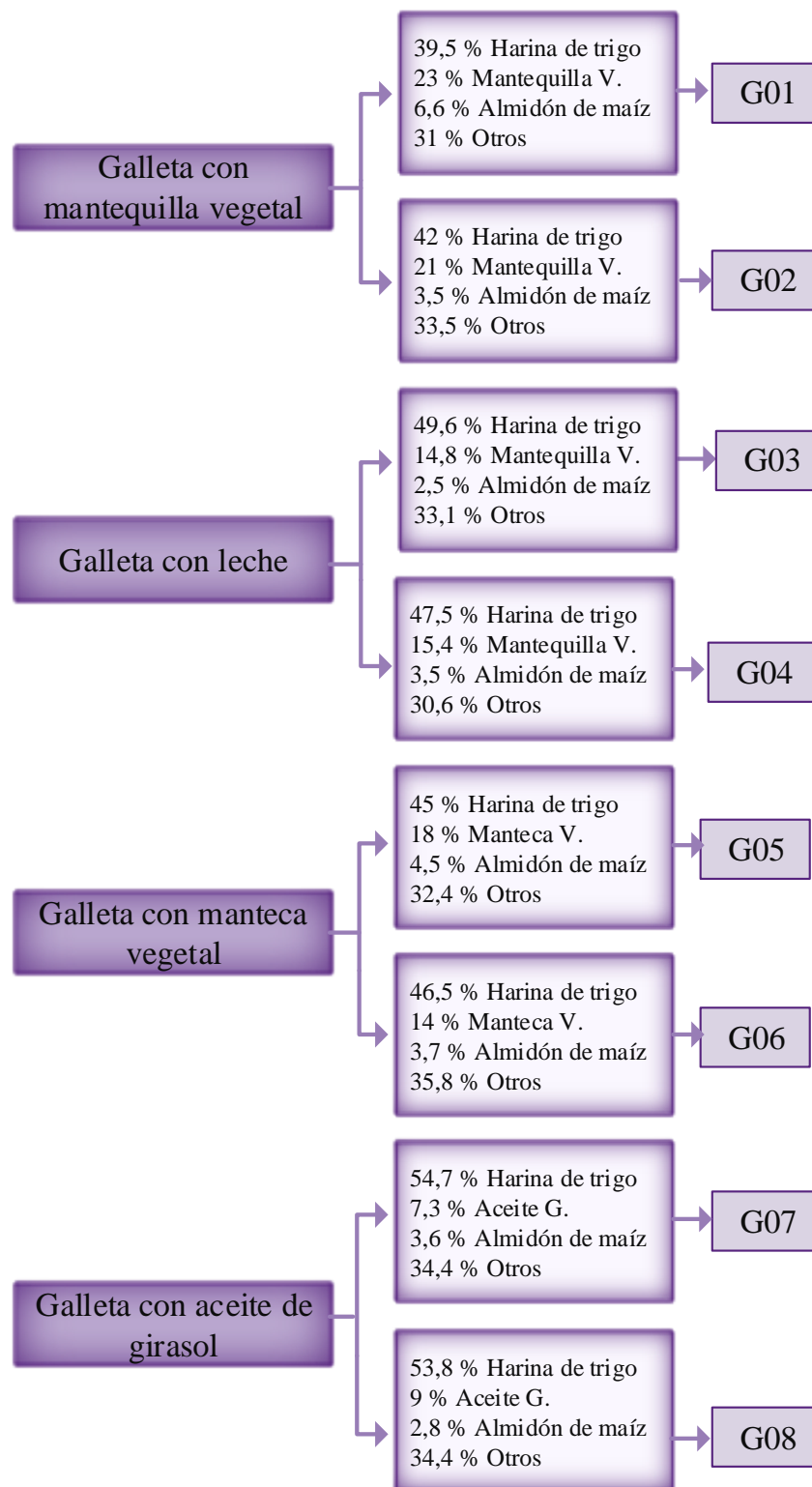
Tabla 4.6

Variación de formulación para la elaboración de galleta con harina de trigo

Materia prima / insumos	Rango	Unidad
Harina de trigo	39 - 54,7	%
Materia grasa(mantequilla v, manteca v, aceite de girasol)	7,3 - 23	%
Almidón de maíz	1,5 - 6,6	%

Fuente: García, 2013

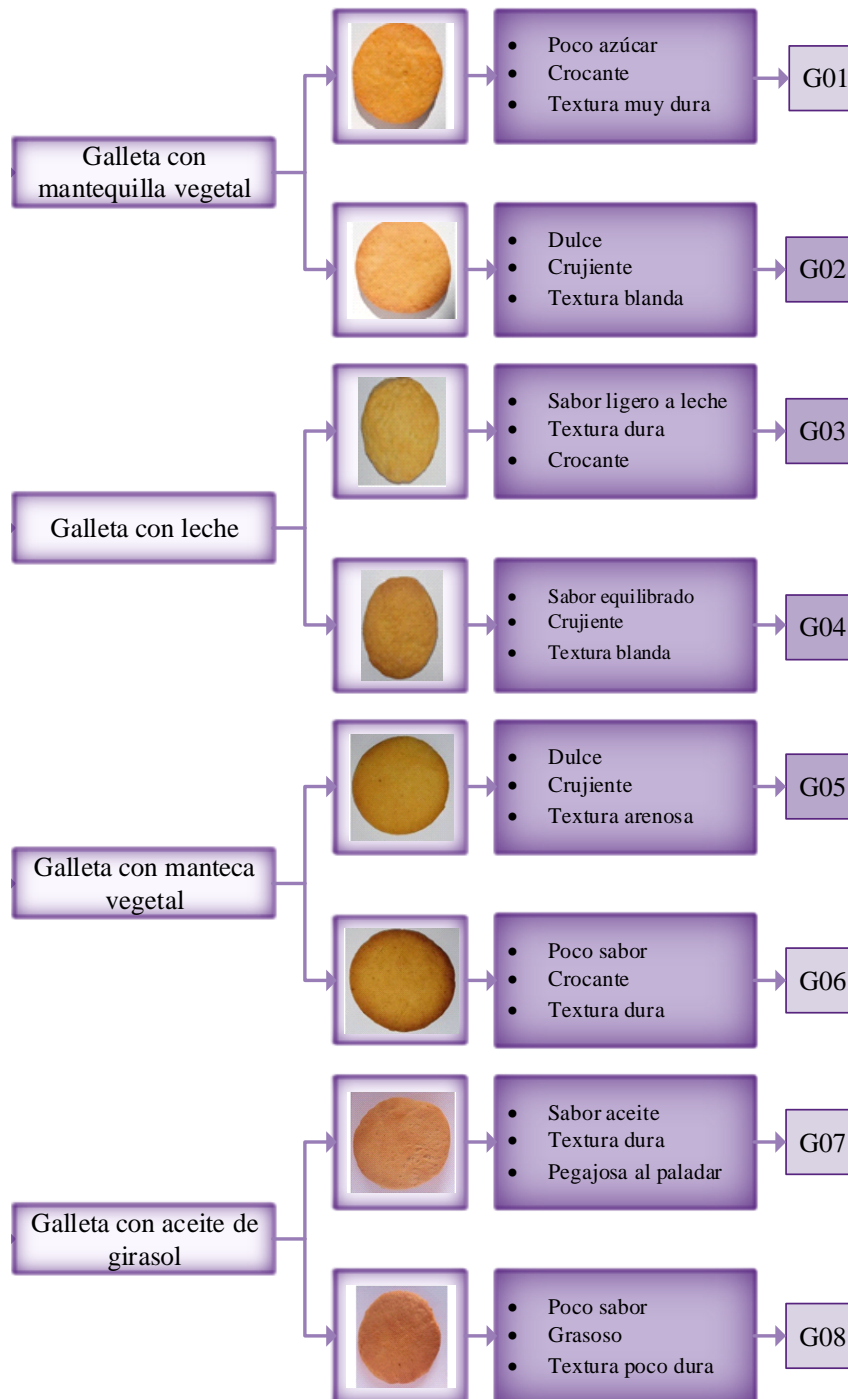
En la figura 4.4, se muestran las ocho muestras de galleta con harina de trigo elaboradas de acuerdo a los rangos de formulación de la tabla 4.6.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Formulaciones de las pruebas preliminares para la elaboración de la galleta con harina de trigo

Las muestras de galleta con harina de trigo fueron evaluadas de manera subjetiva, por el personal del Laboratorio de taller de alimentos (LTA), y se detallan en la figura 4.5.



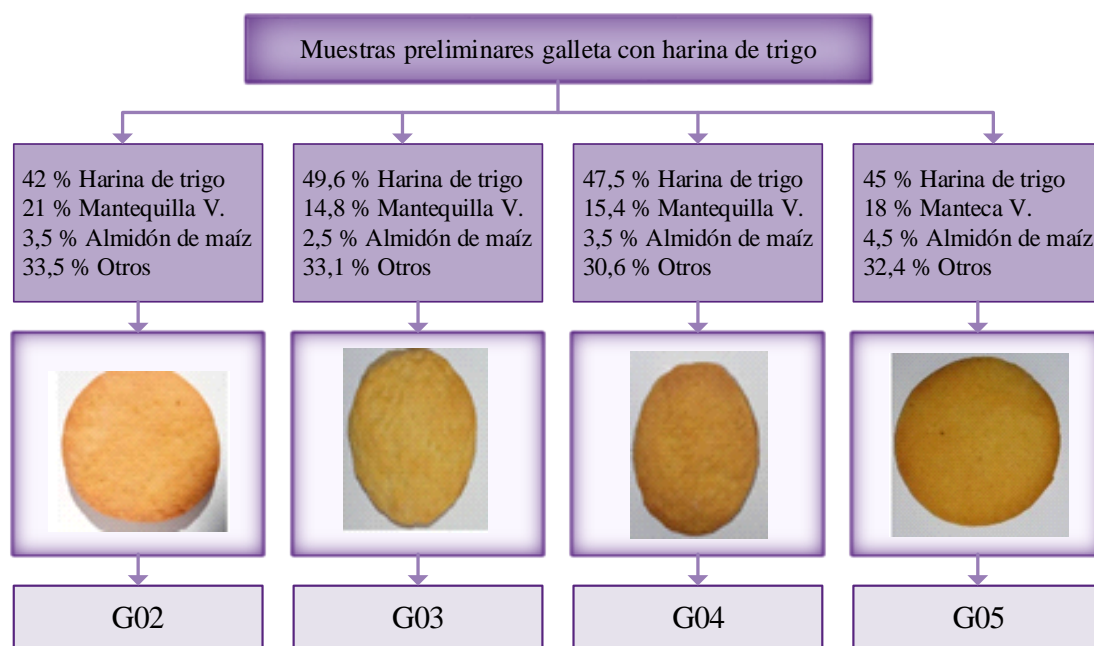
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5: Valoración subjetiva para las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo

En la figura 4.5, se puede evidenciar la valoración subjetiva realizada a las muestras de galletas con harina de trigo (G02, G03, G04 y G05) fueron la de mayor preferencia por presentar un mejor sabor, textura crujiente y textura blanda al masticar en dos muestras y arenosa en una; en comparación a las muestras G01, G06, G07 y G08 que presentaron un sabor menos dulce y no agradable, textura dura, pegajosa al paladar y grasosa.

4.2.1.2 Selección de dos muestras de la galleta con harina de trigo de las pruebas preliminares

Las muestras de galleta con harina de trigo (G02, G03, G04 y G05) valoradas subjetivamente (figura 4.5), fueron tomadas en cuenta variando su dosificación con el fin de obtener dos muestras de galleta con harina de trigo base para incorporar la harina de maíz morado. En la figura 4.6, se procedió realizar una evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos en la que se valoraron los atributos: olor, sabor, apariencia y textura (dureza, adhesividad y cohesividad).

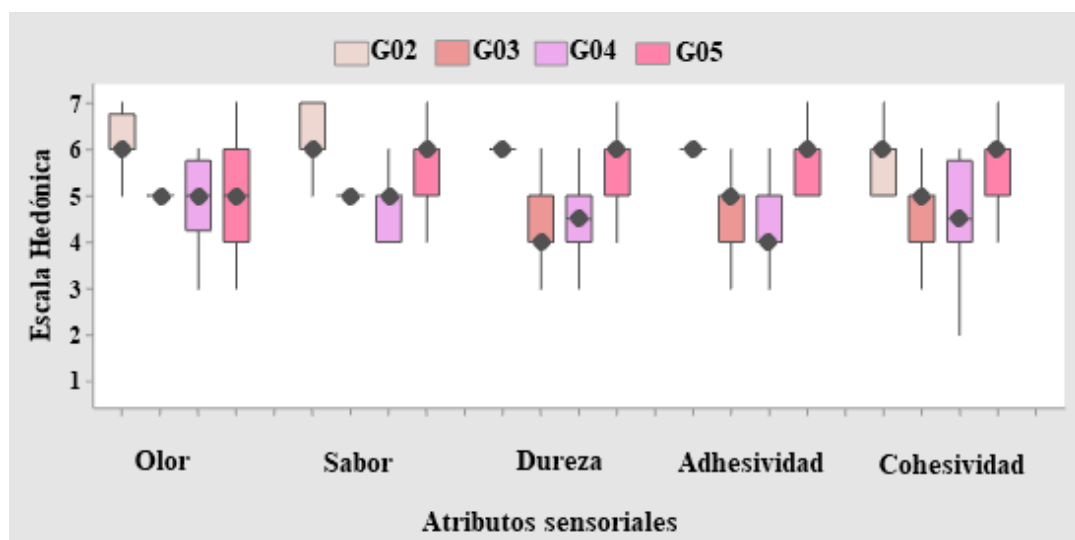


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Prueba preliminares de galleta con harina de trigo

4.2.1.2.1 Estadístico de caja y bigote para pruebas preliminares para la elaboración de la galleta con harina de trigo

En la figura 4.7, se muestran los resultados estadísticos de caja y bigote de datos extraídos del Anexo D, para los atributos: olor (tabla D.1), sabor (tabla D.4), dureza (tabla D.7), adhesividad (tabla D.10) y cohesividad (tabla D.13).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Caja y bigote para muestras de las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo

Según la figura 4.7, se puede observar que los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: olor 6 (G02), sabor 6 (G02 - G05), dureza 6 (G02 - G05), adhesividad 6 (G02 - G05) y cohesividad 6 (G02 - G05). Así mismo, realizado el análisis estadístico de varianza, se puede evidenciar que existe diferencia significativa entre los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.1.2.1.1 Estadístico de tukey para el atributo olor de las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo

En la tabla 4.7, se muestran los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de olor de datos extraídos en la tabla D.3 (Anexo D).

Tabla 4.7*Estadístico de tukey para atributo olor de pruebas preliminares en la galleta*

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Olor G02	20	6,00	A	
Olor G03	20	5,00		B
Olor G05	20	5,00		B
Olor G04	20	5,00		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.7, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de la muestra G02 (6,00) y las muestras G03, G05, G04 (5,00) que no comparten una mediana. Sin embargo, para las muestras G03, G05, G04, no existe diferencia significativa entre ambas muestras porque comparten mediana para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.1.2.1.2 Estadístico de tukey para el atributo sabor de las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo

En la tabla 4.8, se muestra los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de sabor de datos extraídos de la tabla D.6 (Anexo D).

Tabla 4.8*Estadístico de tukey para atributo sabor de pruebas preliminares en la galleta*

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Sabor G02	20	6,00	A	
Sabor G05	20	6,00	A	B
Sabor G04	20	5,00		B
Sabor G03	20	5,00		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.8, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras G02 (6,00), G05 (6,00) y G04 (5,00), G03 (5,00), mientras que no existe diferencia entre las muestras G02, G05 ya que comparte la misma mediana, las muestras G04, G03 también comparten la misma mediana para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.1.2.1.3 Estadístico de tukey para el atributo dureza de las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo

En la tabla 4.9, se muestra los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de dureza de datos extraídos de la tabla D.9 (Anexo D).

Tabla 4.9

Estadístico de tukey para atributo dureza de pruebas preliminares en la galleta

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Dureza G02	20	6,00	A	
Dureza G05	20	6,00	A	
Dureza G04	20	4,50		B
Dureza G03	20	4,00		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.9, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras G02, G05 (6,00) y G04, G03 (4,50 - 4,00), mientras que no existe diferencia entre las medianas de las muestras G02, G05 (6,00). Sin embargo, para las muestras G04, G03 (4,50 - 4,00) existe diferencia significativa debido a que las medianas son diferentes para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.1.2.1.4 Estadístico de tukey para el atributo adhesividad de las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo

En la tabla 4.10, se muestra los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de adhesividad de datos extraídos de la tabla D.12 (Anexo D).

Tabla 4.10

Estadístico de tukey para atributo olor de pruebas preliminares en la galleta

Factor	N	Mediana	Agrupación		
Adhesividad G02	20	6,00	A		
Adhesividad G05	20	6,00	A	B	
Adhesividad G03	20	5,00		B	C
Adhesividad G04	20	4,00			C

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.10, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras G02 y G05 (6,00) las muestras G03 (5,00), G04 (4,00), para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.1.2.1.5 Estadístico de tukey para el atributo cohesividad de las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo

En la tabla 4.11, se muestra los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de cohesividad de datos extraídos de la tabla D.15 (Anexo D)

Tabla 4.11

Estadístico de tukey para atributo cohesividad de pruebas preliminares en la galleta

Factor	N	Mediana	Agrupación		
Cohesividad G02	20	6,00	A		
Cohesividad G05	20	6,00	A	B	
Cohesividad G03	20	5,00		B	C
Cohesividad G04	20	4,50			C

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.11, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras G02 y G05 (6,00) las muestras G03 (5,00), G04 (4,50), para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

De acuerdo a la evaluación sensorial realizada para los atributos sensoriales de las pruebas preliminares de galleta según análisis estadístico de varianza para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$, se pudo observar que los jueces eligieron las muestras G02 y G05 por presentar un mejor olor, sabor, dureza, adhesividad y cohesividad en las galletas con harina de trigo.

4.2.1.2.2 Dosificación de la galleta con harina de trigo incorporando harina de maíz morado

Se trabajó con las dos muestras en base a la preferencia de los jueces (G02-G05) de la galletas para que se pueda incorporar harina de maíz morado con el fin de observar la diferencia en cuanto sabor y textura; debido a que las muestras tienen diferente contenido de materia grasa (manteca vegetal- mantequilla vegetal) en su formulación y en base a la tabla 4.12, se muestran las formulaciones utilizadas en la elaboración de las muestras pruebas preliminares escogidas de las galletas con harina de trigo.

Tabla 4.12

Formulación de galletas con harina de trigo

Muestras	G02	G05
Ingredientes	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
Harina de trigo	41,96	44,64
Almidón de maíz	3,50	4,46
Mantequilla o manteca vegetal	20,98	17,86
Azúcar	13,99	13,39
Otros	19,58	19,64
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se detallan los parámetros del proceso que se controlaron en las muestras preliminares G02 y G05.

Tabla 4.13

Parámetros a controlar de las galletas con harina de trigo

Datos de preparación	Tiempo (min)	
	G02	G05
Mezclado	6	5
Amasado	5	5
Reposo	45	30
Laminado	20	20
Horneado	15	15
Temperatura °C		
Horneado	180	180

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Pruebas iniciales incorporado la harina de maíz morado a la muestra preliminar de la galleta con harina de trigo

Se realizó la incorporación de la harina de maíz morado variedad Kulli, a nivel experimental a pruebas iniciales en las formulaciones de galleta con harina de trigo (G20 - G05); con la finalidad de establecer porcentajes mínimos y máximos que se podrían incorporar de la harina maíz morado.

La variación que se tomó en cuenta para las formulaciones de galleta con harina de trigo son las muestras G02 y G05. En la tabla 4.14, según (Burgos et al., 2015) la variación aceptable para agregar harina de maíz morado es (30 - 40) %, donde se

modificó la cantidad de harina de trigo y materia grasa (manteca vegetal y mantequilla vegetal) con el fin de mejorar sabor y textura.

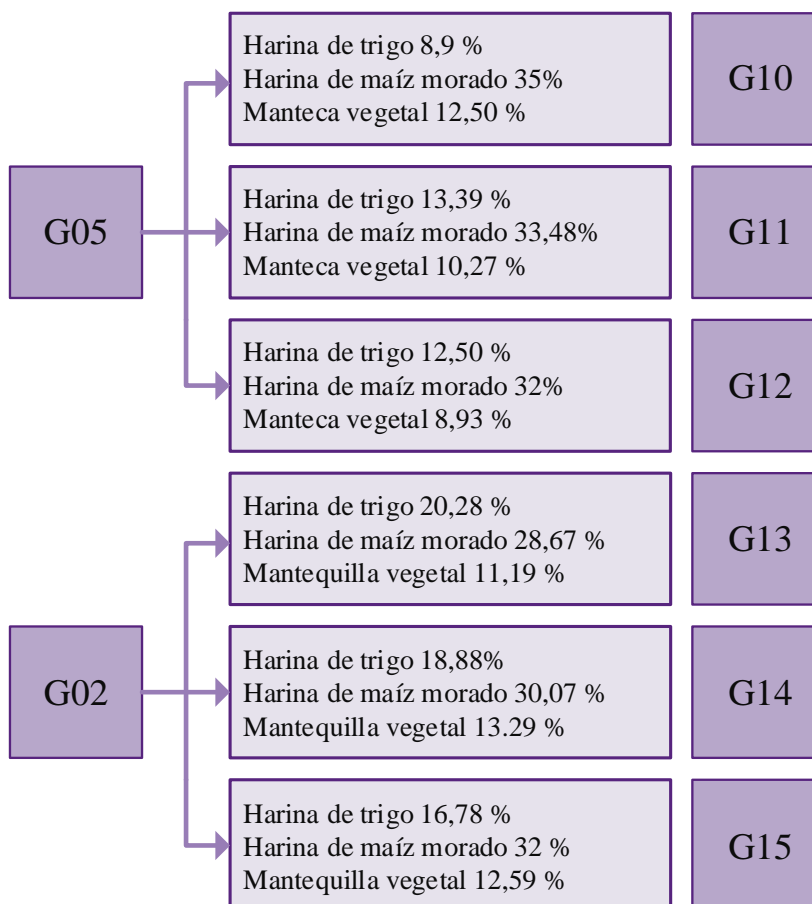
Tabla 4.14

Variación de formulación galleta incorporando harina de maíz morado

Ingredientes	Rango	Unidad
Harina de trigo	8,9 - 20,28	%
Harina de maíz morado	28 - 35	%
Materia grasa (mantequilla y manteca vegetal)	8,93 - 13,29	%

Fuente: Burgos et al., 2015

En la figura 4.8, se detallan las formulaciones utilizadas en la incorporación de la harina de maíz morado y como se modificó el porcentaje de harina de trigo, materia grasa en las muestras.

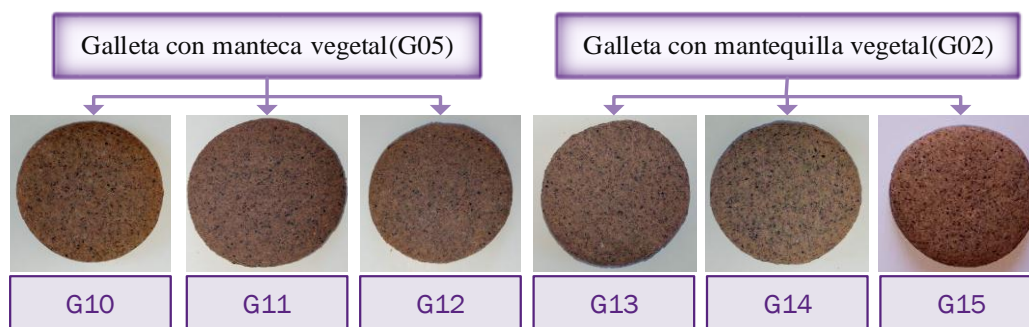


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Formulación de galletas incorporando harina de maíz morado

4.2.2.1 Selección de muestra en las pruebas iniciales incorporada harina de maíz morado a las galletas con harina de trigo

En base a las muestras de galletas presentadas en la figura 4.9, se realizó una evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos en la que se valoraron los atributos: color, sabor, sabor residual y textura.



Fuente: Elaboración propia

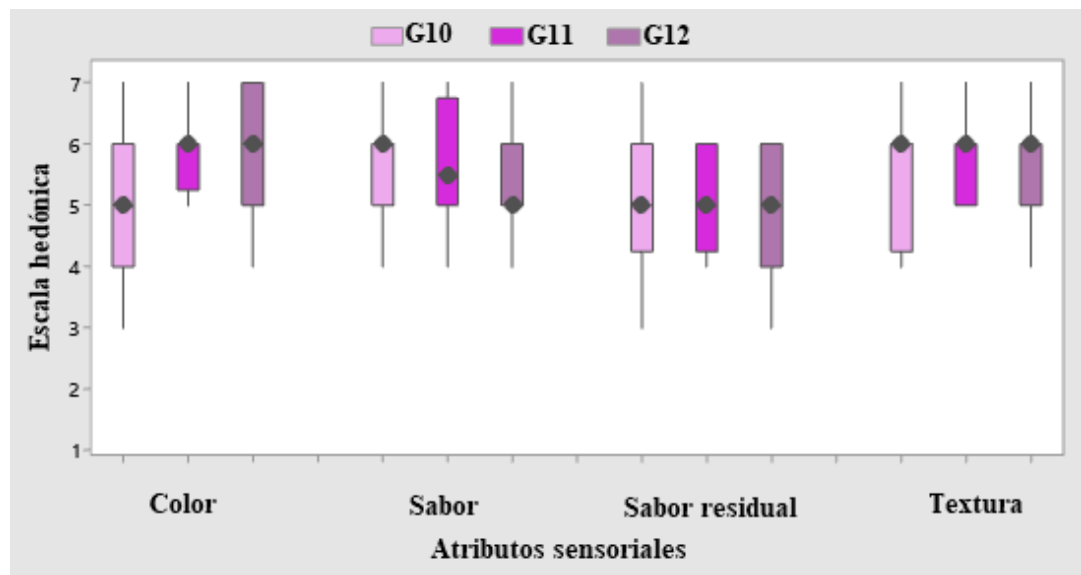
Figura 4.9: Selección de pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado en la galleta de trigo

4.2.2.1.1 Evaluación sensorial para las pruebas iniciales incorporada harina de maíz morado a las galletas con harina de trigo

La evaluación sensorial para las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado se realizó en dos partes, esto debido a que la primera muestra G05 lleva en su formulación manteca vegetal de donde salieron las muestras G10, G11 y G12, mientras que la segunda muestra G02 lleva en su formulación mantequilla vegetal de donde salieron las muestras G13, G14 y G15 ambas se evaluaron con una escala hedónica de siete puntos con los mismos atributos de color, sabor, sabor residual y textura.

4.2.2.1.1.1 Estadístico de caja y bigote para las pruebas iniciales incorporada harina de maíz morado a las galletas con harina de trigo

En la figura 4.10, se muestra la primera parte los resultados estadísticos de caja y bigote de los datos extraídos del Anexo D, para los atributos de color (tabla D.16), sabor (tabla D.19), sabor residual (tabla D.22) y textura (tabla D.24).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Caja y bigote para pruebas iniciales de la galleta incorporando harina de maíz morado

Según la figura 4.10, se puede observar que los resultados de la mediana en función a los atributos de las muestras evaluadas son: color 6 (G11 - G12), sabor 6 (G10), sabor residual 5 (G10 - G11 - G12) y textura 6 (G10 - G11 - G12). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza se pudo observar que no existe diferencia significativa entre los atributos (sabor residual-textura) de las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Sin embargo, para el atributo color presenta leve diferencia significativa en el análisis estadístico realizado para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.2.2.1.1.1 Estadístico de tukey para el atributo color para las pruebas iniciales incorporada harina de maíz morado a las galletas con harina de trigo

En la tabla 4.15, se muestra los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de color de datos extraídos de la tabla D.18 (Anexo D).

Tabla 4.15

Estadístico de tukey para atributo color de pruebas iniciales de galleta

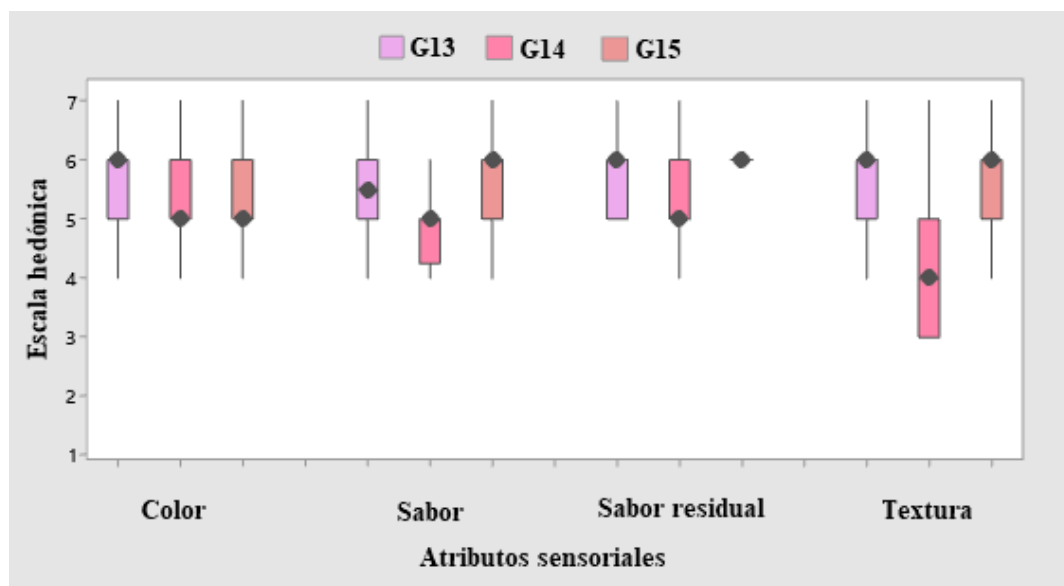
Factor	N	Mediana	Agrupación	
ColorG11	20	5,00		B
ColorG12	20	6,00	A	
ColorG10	20	6,00	A	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.15, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras G11 (5,00) y las muestras G12, G10 (6,00). Sin embargo, para las muestras G12 y G10 no existe diferencia significativa ya que comparten la misma mediana para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.2.1.1.2 Estadístico de caja y bigote para las pruebas iniciales incorporada harina de maíz morado a las galletas con harina de trigo parte 2

En la figura 4.11, se muestra los resultados estadísticos de caja y bigote de los datos extraídos del Anexo D, para los atributos de color (tabla D.27), sabor (tabla D.30), sabor residual (tabla D.33) y textura (tabla D.36).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Caja y bigote para pruebas iniciales de la galleta incorporando harina de maíz morado

Según la figura 4.11, se puede observar que los resultados de la mediana en función a los atributos de las muestras evaluadas son: color 6 (G13), sabor 6 (G15), sabor residual 6 (G13 - G15) y textura 6 (G13 - G15). Sin embargo, realizando un análisis estadístico de varianza se pudo observar que no existe diferencia significativa entre el atributo sabor, mientras tanto para los atributos color, sabor residual y textura si existe diferencia significativa para las muestras evaluadas para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.2.1.1.2 Estadístico de tukey para el atributo color de las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado en la galleta con harina de trigo

En la tabla 4.16, se muestran los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de color 2 de datos extraídos de la tabla D.29 (Anexo D)

Tabla 4.16

Estadístico de tukey para atributo color 2 de pruebas iniciales de galleta

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Color G13	20	6,00	A	
Color G15	20	5,00		B
Color G14	20	5,00		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.16, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras G13 (6,00) y las muestras G15, G14 (5,00). Sin embargo, para las muestras G15 y G14 no existe diferencia significativa ya que comparten la misma mediana (5,00) para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.2.1.1.2 Estadístico de tukey para el atributo sabor residual 2 de las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado en la galleta con harina de trigo

En la tabla 4.17, se muestran los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de sabor residual 2 de datos extraídos de la tabla D.35 (Anexo D).

Tabla 4.17

Estadístico de tukey para atributo sabor residual 2 de pruebas iniciales de galleta

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Sabor residual G15	20	6,00	A	
Sabor residual G13	20	6,00	A	
Sabor residual G14	20	5,00		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.17, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras G15, G13 (6,00) y la muestra G14 (5,00). Sin embargo, para las muestras G15 y G13 no existe diferencia significativa ya que comparten la misma mediana (6,00) para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.2.1.1.3 Estadístico de tukey para el atributo textura de las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado en la galleta con harina de trigo

En la tabla 4.18, se muestra los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de textura de datos extraídos de la tabla D.38 (Anexo D).

Tabla 4.18

Estadístico de tukey para atributo textura de pruebas iniciales de galleta

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Textura G15	20	6,00	A	
Textura G13	20	6,00	A	
Textura G14	20	4,00		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.18, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de la muestra G15, G13 (6,00) y G14 (4,00). Sin embargo, para las muestras G15 y G13 no existe diferencia significativa ya que comparten la misma mediana para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

Las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado a las galletas con harina de trigo, según la preferencia por parte de los jueces muestran a dos muestras elegidas (G12 - G15), en base a su formulación y parámetros de proceso se las tomo en cuenta para hacer una evaluación sensorial para elegir una muestra ideal para entrar al diseño experimental.

4.2.2.2 Selección de muestra de galleta incorporando harina de maíz morado

Se tomó en cuenta dos muestras (G12 - G15) ambas seleccionadas en evaluaciones sensoriales debido a su textura y sabor son distintas ya que su formulación es diferente, en su contenido de materia grasa (mantequilla vegetal - manteca vegetal). En la tabla 4.19, se muestran las formulaciones utilizadas en las muestras.

Tabla 4.19***Formulación de las galletas incorporando harina de maíz morado***

Ingredientes	Muestras	
	G12	G15
	%	%
Harina de trigo	12,72	16,78
Harina de maíz morado	32,72	32,97
Manteca vegetal – mantequilla vegetal	11,36	13,99
Huevo	16,81	14,69
Azúcar	13,64	12,59
Almidón de maíz	4,54	3,50
Polvo para hornear	4,54	3,50
Esencia de vainilla	3,63	3,80

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, se muestran el control a los parámetros del proceso realizados en la elaboración de galleta incorporando harina de maíz morado.

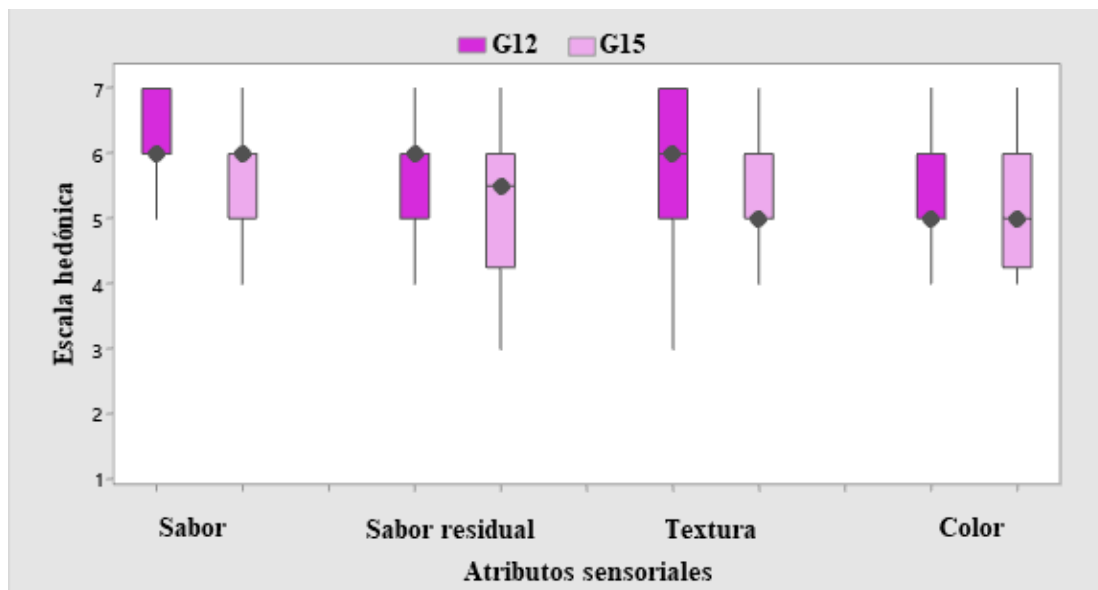
Tabla 4.20***Control de proceso de elaboración de galleta***

Parámetros	G12	G15
	Tiempo (min)	Tiempo (min)
Mezclado	5	5
Amasado	5	5
Reposo	30	45
Laminado	20	20
Horneado	15	15
	Temperatura (°C)	
Horneado	160°C	160°C

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2.1 Estadístico de caja y bigote para la elección de la muestra de galleta incorporando harina de maíz morado

Se realizó una evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos en la que se valoraron los atributos: sabor, sabor residual, textura y color. En la figura 4.12, se muestra los resultados estadísticos de caja y bigote de los datos extraídos del Anexo D, para los atributos de sabor (tabla D.39), sabor residual (tabla D.42), textura (tabla D.44) y color (tabla D.47).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Caja y bigote para la elección de la galleta incorporando harina de maíz morado

Según la figura 4.12, se puede observar que los resultados de la mediana en función a los atributos de las muestras evaluadas son sabor 6 (G12 - G15), sabor residual 6 (G12), textura 6 (G12) y en color 5 (G12 - G15). Sin embargo, realizando el análisis estadístico de varianza se pudo observar que no existe diferencia significativa para el atributo sabor residual, textura y color, pero si hay diferencia significativa entre el atributo sabor de las muestras evaluadas para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.2.2.2.1 Estadístico de tukey para el atributo sabor para la elección de la muestra de galleta incorporando harina de maíz morado

En la tabla 4.21, se muestra los resultados del análisis estadístico de tukey para el atributo de sabor de datos extraídos de la tabla D.41 (Anexo D).

Tabla 4.21

Estadístico de tukey para atributo sabor para la elección de la muestra de galleta incorporando harina de maíz morado

Factor	N	Mediana	Agrupación
Sabor G12	20	6,00	A
Sabor G15	20	6,00	B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.21, se puede observar que existe diferencia significativa entre la muestra G12 y G15 para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

Realizada la evaluación sensorial para elección de la muestra de la galleta incorporando con harina de maíz morado, según la preferencia por parte de los jueces por la muestra G12, en base a su dosificación y parámetros de proceso (tabla 4.22), se tomó en cuenta la muestra G12 como galleta ideal para entrar al diseño dosificación.

Tabla 4.22

Dosificación y parámetros de proceso de la muestra ideal de galleta

Materia prima / insumos	Dosificación (%)	Parámetros de proceso (tiempo)	
Harina de trigo	12,73	Mezclado	5 min
Harina de maíz morado	32,73	Amasado	5 min
Almidón de maíz	4,54	Reposo	30 min
Otros	50	Laminado	20 min
		Moldeado	10 min
		Horneado	15 min
		Enfriado	15 min
		Temperatura (°C)	
		Horneado	160 °C

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Dosificaciones realizadas al diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación para la elaboración de la galleta con harina de maíz morado

Para realizar el diseño de dosificación en la galleta, se tomó en cuenta la muestra G12 (tabla 4.22), se procedió a elaborar una mezcla de harinas (trigo - maíz morado) variando los porcentajes en la dosificación, con la finalidad de aprovechar mejor las propiedades que aporta la harina de maíz morado a la masa, sustituyendo en cierta parte la cantidad de harina de trigo que se utiliza para elaborar galletas en función a la tabla 4.23.

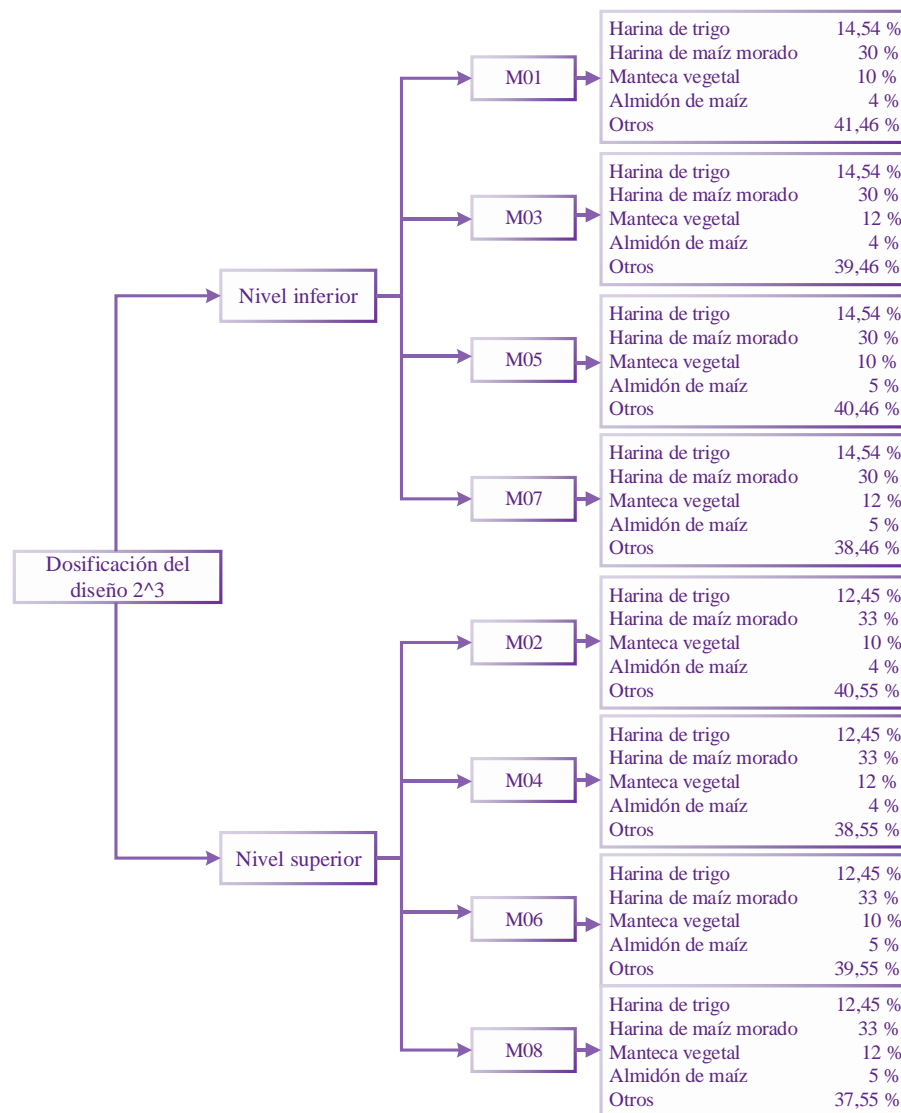
Tabla 4.23

Variación en la dosificación de la harina de maíz morado en la galleta

Harinas	Rango	Unidad
Harina de trigo	14,54 - 12,45	%
Harina de maíz morado	30,00 - 33,00	%
Almidón de maíz	4,00 - 5,00	%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13, se muestran las ocho muestras de galleta elaboradas en función a los porcentajes de dosificación según la tabla 4.23



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Dosificaciones para el diseño experimental 2^3

En la figura 4.13, se puede observar las dosificaciones que se usaron en el diseño experimental 2^3 , las cuales fueron divididas en dos grupos según la influencia que tenía el factor A (harina de maíz morado) en el proceso de elaboración. El primer grupo están las muestras (M01 - M03 - M05 - M07) con menor porcentaje de harina de maíz morado (30 %) y en el segundo grupo están las muestras (M02 - M04 - M06 - M08) con mayor porcentaje de harina de maíz morado (33 %).

4.3 Diseño factorial 2³ en la etapa de dosificación para la elaboración de la galleta con harina de maíz morado

En la etapa de dosificación del diseño 2³ la muestra G12, se utilizó para realizar diferentes dosificaciones de la galleta con harina de maíz morado donde se variaron en tres factores: factor A (% harina de maíz morado), factor B (% manteca vegetal) y factor C (% almidón de maíz) de los cuales se controlaron las variables respuestas pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad de la galleta.

4.3.1. Variable respuesta contenido de humedad en la etapa de dosificación de la galleta con harina de maíz morado

Aplicando el diseño experimental, se tomó en cuenta el factor A (Harina de maíz morado), factor B (Manteca vegetal), factor C (Almidón de maíz) y como variable respuesta el contenido de humedad en base húmeda, para el cual se utilizó el método de termo balanza, la metodología utilizada se encuentra detallada en el (Anexo F).

El contenido de humedad medido en base húmeda en la galleta que fue aplicado al diseño experimental, se realizó a través de un análisis estadístico (tabla 4.24), en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados se detallan en el (Anexo H).

Tabla 4.24

Análisis de Varianza en función a la variable respuesta contenido de Humedad

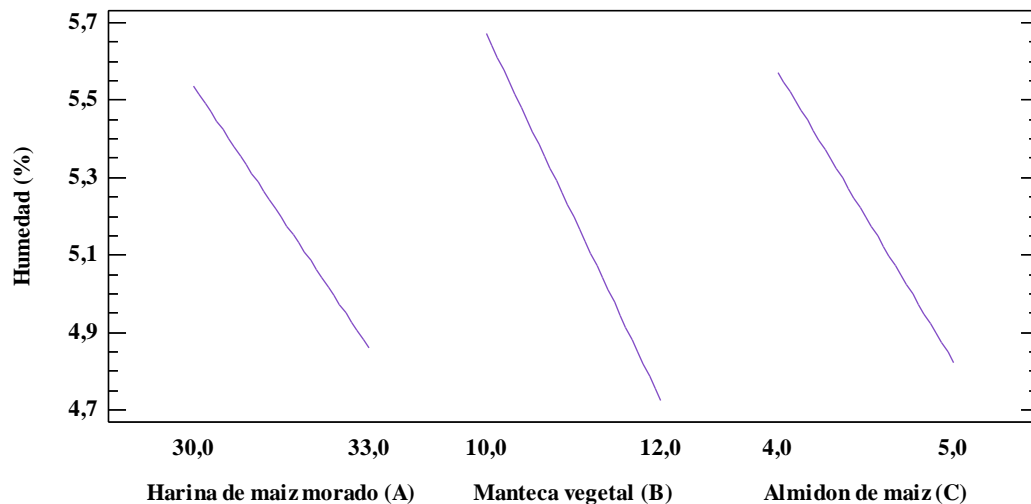
Fuente de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	F _{cal}	F _{tab}
Factor A	1,83	1	1,83	1,52	0,25*
Factor B	3,58	1	3,58	2,98	0,12*
Factor C	2,24	1	2,24	1,86	0,21*
Interacción AB	0,04	1	0,04	0,04	0,85
Interacción AC	1,80	1	1,80	1,50	0,26*
Interacción BC	4,56	1	4,57	3,80	0,08*
Interacción ABC	10,35	1	10,35	8,61	0,02*
Error total	9,62	8	1,20		
Total	34,04	15			

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

Según el análisis de varianza realizado en la tabla 4.24, se puede observar que para la interacción AB (harina de maíz morado-manteca vegetal); no existe diferencia significativa ya que el $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, para los factores; A (harina de maíz morado), B (manteca vegetal), C (almidón de maíz), y las interacciones: AC (harina de maíz morado-almidón de maíz), interacción BC(manteca vegetal - almidón de maíz), ABC (harina de maíz morado - manteca vegetal- almidón de maíz), si existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$ se puede afirmar que para los factores: A,B,C, y las interacciones AC, BC, ABC, son significativos en la etapa de dosificación por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.14, se muestra los efectos principales para los factores; factor A (harina de maíz morado), factor B (manteca vegetal), factor C (almidón de maíz) con relación a la variable respuesta contenido de humedad (%).



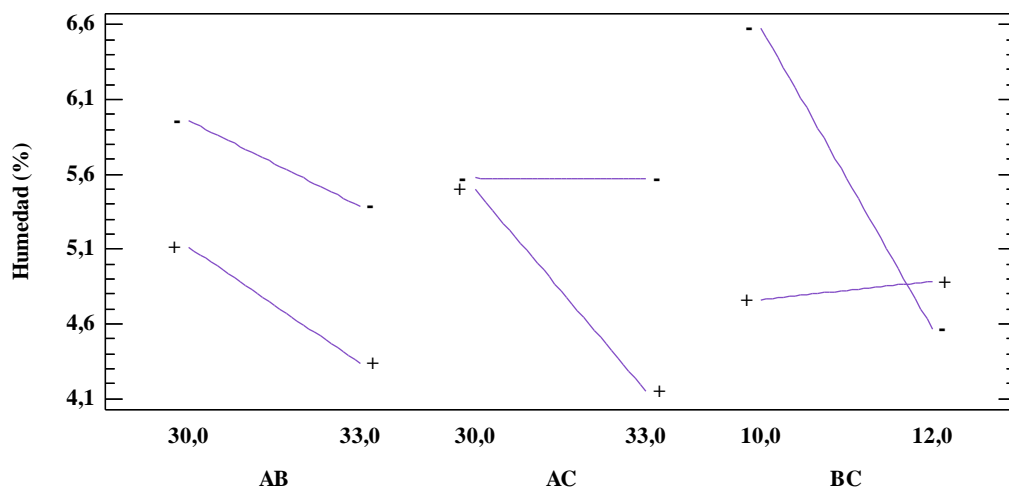
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Efectos principales para contenido de humedad

En la figura 4.14, se puede observar que los tres factores A, B, C, influyen significativamente sobre la variable respuesta contenido de humedad (%), tanto en nivel bajo y nivel alto (10 – 12) % para el factor B donde la humedad tiene una

variación de (4,8 - 5,6) %, aumentando a nivel bajo, así mismo para el factor A y C el contenido de humedad aumenta a un nivel bajo en un rango de (4,8 - 5,5) %.

En la figura 4.15, se muestra la interacción para los factores; AB (harina de maíz morado - manteca vegetal), AC (harina de maíz morado - almidón de maíz), BC (manteca vegetal - almidón de maíz), en función a la variable respuesta del contenido de humedad.

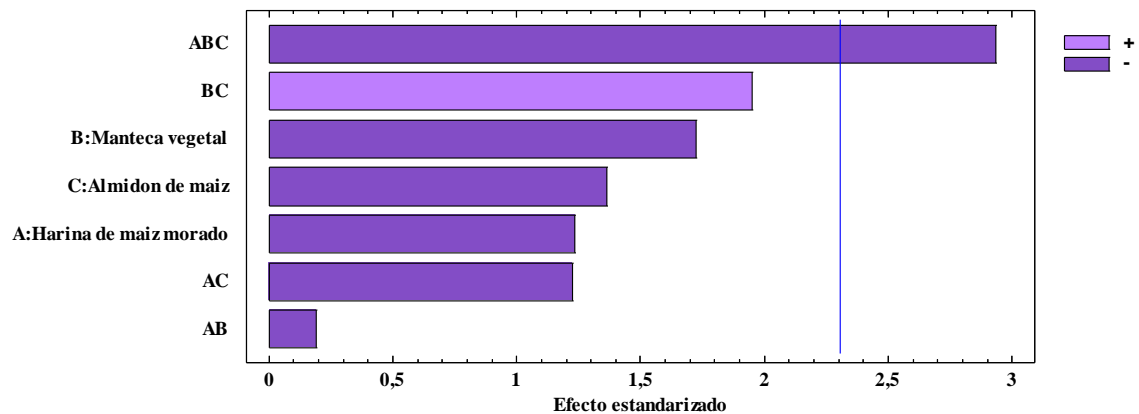


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Interacción de factores para el contenido de humedad

En la figura 4.15, se puede observar que la interacción BC, se ve más afectada cuando el porcentaje de manteca vegetal se encuentra en un nivel bajo (10 - 12) %, presentando variación en el contenido de humedad de manera que influye significativamente y no así cuando se encuentra en un nivel alto. Así mismo, la interacción AC varía en el factor A (harina de maíz morado) en un nivel alto, mientras que la interacción AB se ve afectada cuando el factor A (harina de maíz morado) se encuentra en un nivel alto y bajo ya que el contenido de humedad no es afectado significativamente.

En la figura 4.16, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizando en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia indican que son significativos para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad

Según la figura 4.16, se puede observar que la interacción ABC (harina de maíz morado - manteca vegetal - almidón de maíz) sobrepasan la línea de referencia, por tanto son estadísticamente significativos, para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$; en comparación a los factores, A (harina de maíz morado), B (manteca vegetal), C (almidón de maíz) e interacciones BC (manteca vegetal - almidón de maíz), AC (harina de maíz morado -almidón), AB (harina de maíz morado - manteca vegetal) que no son significativos estadísticamente ya que no exceden la línea de referencia.

4.3.2 Variable respuesta de pH en la etapa de dosificación de la galleta con harina de maíz morado

Aplicando el diseño experimental se tomaron en cuenta las variables Factor A (harina de maíz morado), Factor B (manteca vegetal), Factor C (almidón de maíz) y como variable repuesta el pH de la galleta, para el cual se utilizó norma INEN0095, la metodología utilizada se encuentra en el (Anexo F).

La medición del pH se obtuvo como respuesta a la aplicación del diseño experimental en la etapa de dosificación, se realizó un análisis estadístico (tabla 4.25) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados se detallan en el (Anexo H).

Tabla 4.25

Análisis de Varianza en función a la variable respuesta pH

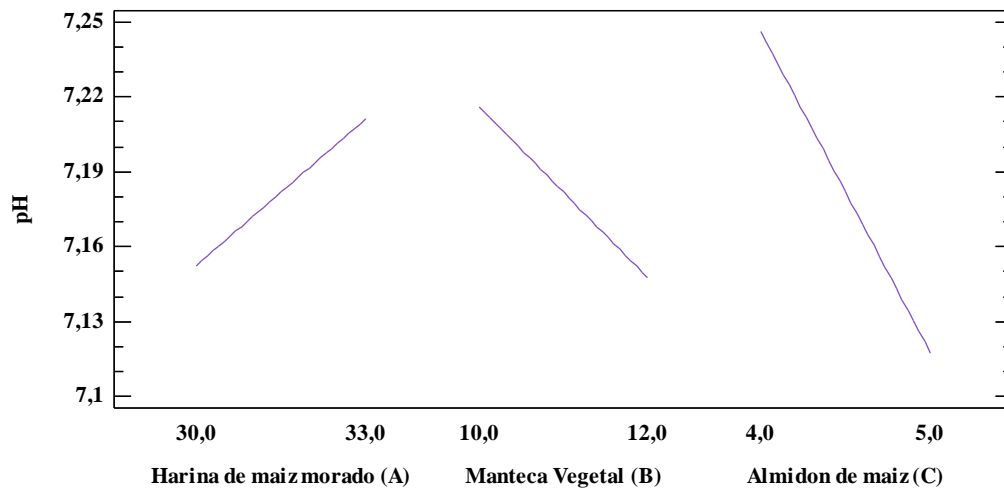
Fuente de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	F _{cal}	F _{tab}
Factor A	0,01	1	0,01	0,98	0,35*
Factor B	0,02	1	0,02	1,34	0,28*
Factor C	0,06	1	0,06	4,69	0,06*
Interacción AB	0,01	1	0,01	0,90	0,37*
Interacción AC	0,01	1	0,01	0,98	0,35*
Interacción BC	0,00	1	0,00	0,23	0,64
Interacción ABC	0,00	1	0,00	0,48	0,50
Error total	0,11	8	0,01		
Total	0,25	15			

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

Según el análisis de varianza realizado en la tabla 4.25, se puede observar que para las interacciones; BC (manteca vegetal-almidón de maíz), ABC (harina de maíz morado-manteca vegetal- almidón de maíz), no existe diferencia significativa, debido que el $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, para los factores A (harina de maíz morado), factor B (manteca vegetal), factor C (almidón de maíz), la interacción AC (harina de maíz morado - almidón de maíz), interacción AB (harina de maíz morado - manteca vegetal), si existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, se puede afirmar que para los factores A, B,C, la interacción AC, la interacción AB, son significativos en la etapa de dosificación, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.17, se muestra los efectos principales para los factores; factor A (harina de maíz morado), factor B (manteca vegetal), factor C (almidón de maíz) con relación a la variable respuesta pH.

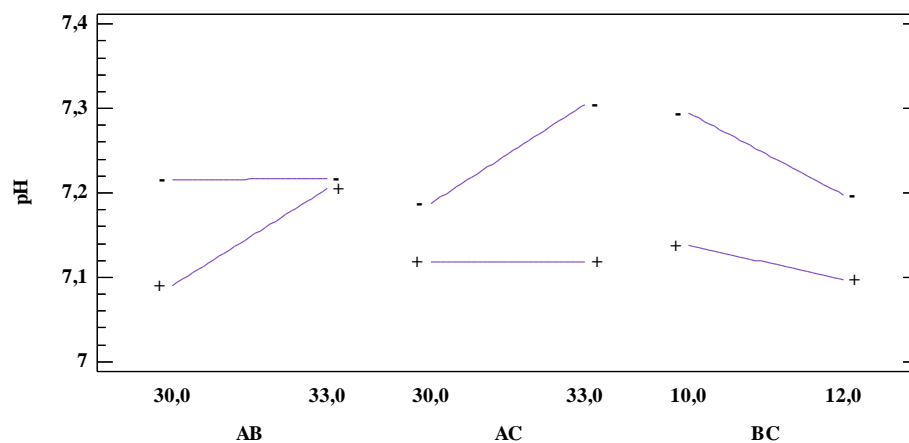


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Efectos principales para el pH

Según la figura 4.17, se puede observar que el factor C (almidón de maíz) influye significativamente sobre la variable respuesta de pH, para un rango (4 - 5) %, por tanto, a nivel bajo de factor C existe aumento de pH (7,12 - 7,25), mientras que para el factor B (manteca vegetal), existe leve significancia para un rango (10 - 12) % el pH aumenta en un nivel bajo y el factor A (harina de maíz morado), si existe una leve influye para un nivel alto aumenta el pH.

En la figura 4.18, se muestra la interacción para los factores; AB (harina de maíz morado - manteca vegetal), AC (harina de maíz morado - almidón de maíz), BC (manteca vegetal - almidón de maíz), en función a la variable respuesta de pH.

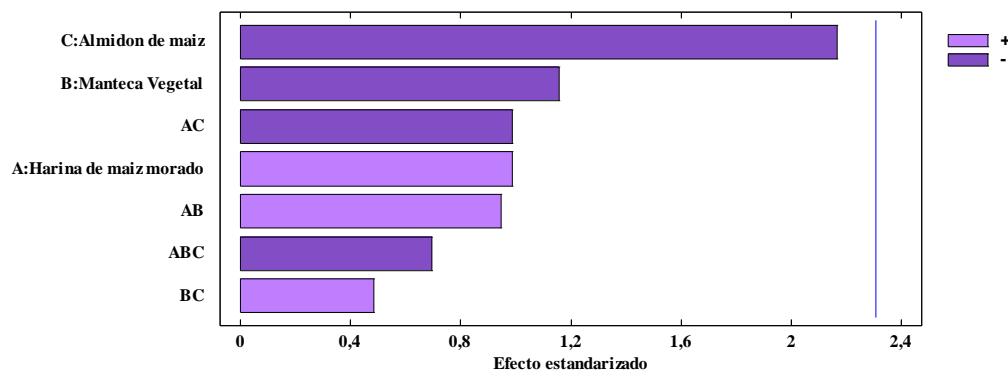


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Interacción de factores para el pH

Según la figura 4.18, se observa que las interacciones BC y AC se ven afectadas en un nivel bajo para un rango de pH (7,15 - 7,3), sin embargo, para un nivel alto de las interacciones AC y BC no se ven afectadas significativamente, mientras que para la interacción AB se ve afectada para un nivel alto y una variación de porcentaje de harina de maíz morado (30 - 33) %, donde el pH aumenta para un rango de (7,1 - 7,2), para la interacción AB en un nivel bajo no existe significancia.

En la figura 4.19, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia que indican que son significativos para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Diagrama de Pareto estandarizado para el pH

Según la figura 4.19, se puede observar que ningún factor A, B, C, ni interacción AB, AC, BC, ABC, sobrepasan la línea de referencia, por tanto, no son estadísticamente significativos, para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$; ya que no exceden la línea de referencia.

4.3.3 Variable respuesta de acidez (ácido láctico) en la etapa de dosificación de la galleta con harina de maíz morado

Aplicando el diseño experimental se tomaron en cuenta las variables independientes, Factor A (harina de maíz morado), Factor B (manteca vegetal), Factor C (almidón de maíz) y como variable respuesta la acidez de la galleta, para el cual se utilizó norma INEN0095, la metodología utilizada se encuentra en el (Anexo F).

La acidez (ácido láctico) se obtuvo como respuesta a la aplicación del diseño experimental en la etapa de dosificación, se realizó un análisis estadístico de la variable respuesta acidez (tabla 4.26) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados se detallan en el (Anexo H).

Tabla 4.26

Análisis de Varianza en función a la variable respuesta acidez (ácido láctico)

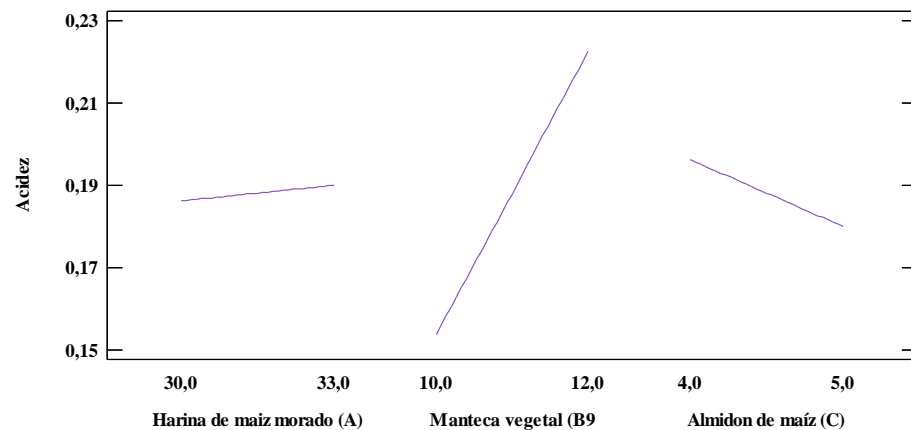
Fuente de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	F _{cal}	F _{tab}
Factor A	0,00	1	0,00	0,01	0,92
Factor B	0,02	1	0,02	3,88	0,08*
Factor C	0,00	1	0,00	0,22	0,65
Interacción AB	0,02	1	0,02	4,78	0,06*
Interacción AC	0,00	1	0,00	1,40	0,27*
Interacción BC	0,00	1	0,00	0,29	0,60
Interacción ABC	0,00	1	0,00	1,23	0,29*
Error total	0,04	8	0,00		
Total	0,09	15			

Fuente: Elaboración propia

***Significativo**

Según el análisis de varianza realizado en la tabla 4.26, se puede observar que para los factores; A (harina de maíz morado), C (almidón de maíz) e interacciones; BC (manteca vegetal - almidón de maíz), no existe diferencia significativa ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, para el factor B (manteca vegetal), la interacción AC (harina de maíz morado - almidón de maíz), interacción AB (harina de maíz morado - manteca vegetal), interacción ABC (harina de maíz morado - manteca vegetal - almidón de maíz), si existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que para el factor B e interacciones AC, AB, ABC, son significativos en la etapa de dosificación para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.20, se muestra los efectos principales para los factores; factor A (harina de maíz morado), factor B (manteca vegetal), factor C (almidón de maíz) con relación a la variable respuesta contenido de acidez (%) expresado en ácido láctico.

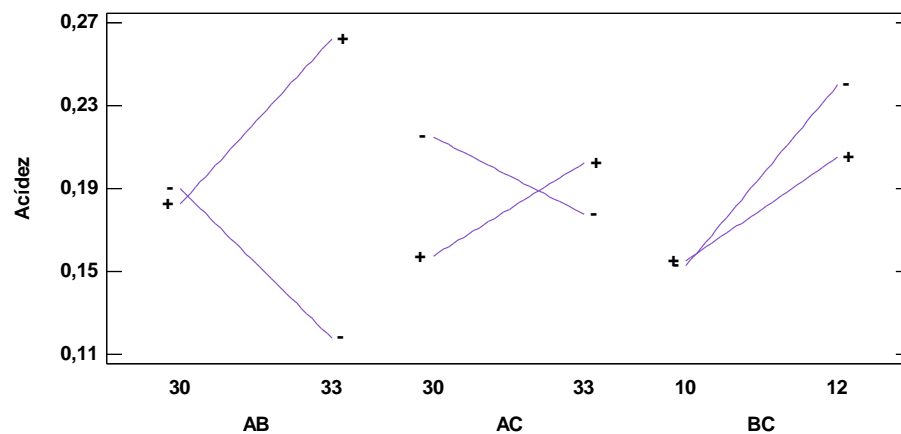


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20: Efectos principales para contenido de acidez

Según la figura 4.20, se puede observar que para el factor B (manteca vegetal) influye significativamente sobre la variable respuesta de contenido de acidez (ácido láctico) para un rango (10 - 12) %, por tanto, a un nivel alto del factor B existe mayor aumento del contenido de acidez en comparación con los factores A (harina de maíz morado) y B (almidón de maíz), ya que la variación entre estos no influye significativamente sobre el contenido de acidez.

En la figura 4.21, se muestra la interacción para los factores; AB (harina de maíz morado - manteca vegetal), AC (harina de maíz morado - almidón de maíz), BC (manteca vegetal - almidón de maíz), en función a la variable respuesta del contenido de acidez.

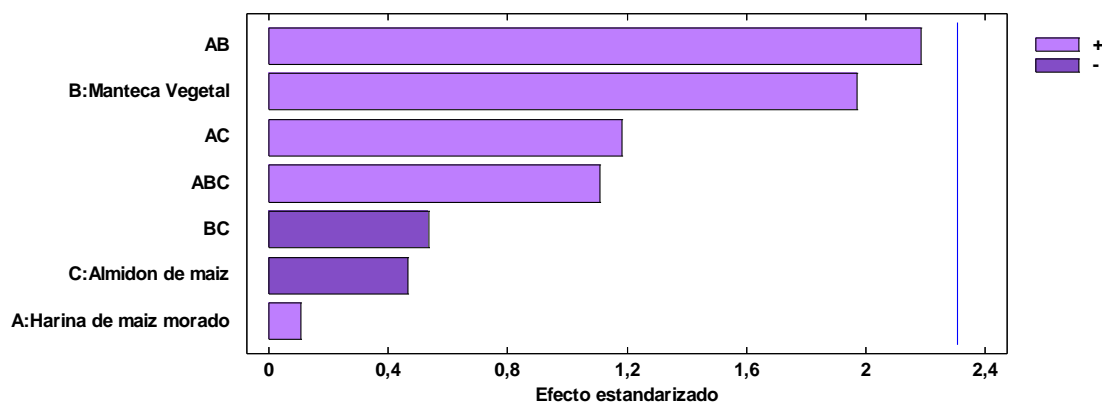


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Interacción de factores para el contenido de acidez

En la figura 4.21, se puede observar que todas las interacciones (AB – AC - BC) se ven afectadas, la interacción BC se ve afectada en el factor B (manteca vegetal) en un rango de (10-12) % para un nivel alto y bajo del contenido de acidez aumenta, mientras que las interacciones AB y AC se ve afectadas en el factor A (harina de maíz morado) tanto en un nivel alto y bajo, donde la interacción AB se ve afectada más en un nivel alto teniendo un incremento de acidez (ácido láctico) lo contrario a al nivel bajo.

En la figura 4.22, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizando en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia indican que son significativos para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22: Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de acidez

Según la figura 4.22, se puede observar que los factores, A (harina de maíz morado), B (manteca vegetal), C (almidón de maíz) ni las interacciones BC (manteca vegetal - almidón de maíz), AC (harina de maíz morado - almidón de maíz), AB (harina de maíz morado - manteca vegetal), ABC (harina de maíz morado - manteca vegetal - almidón de maíz), no sobrepasan la línea de referencia, por lo tanto, no son estadísticamente significativos, para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.3.4 Control pH, acidez y contenido de humedad en la etapa de dosificación del diseño factorial de la galleta con harina de maíz morado

Para determinar pH, acidez y contenido humedad de las muestras de galletas con harina de maíz morado en el diseño factorial se tomó en cuenta el factor A (harina de maíz morado) para realizar el control por separando de los ocho tratamientos; realizando análisis en la masa húmeda y en la galleta horneada.

4.3.4.1 Control de contenido de humedad en muestras de galleta

Para el análisis de humedad se lo llevo a cabo en la termo balanza para realizar la medición (%) contenido de humedad, realizando un control en la masa húmeda y en la galleta horneada.

4.3.4.1.1 Control de contenido de humedad en la galleta para el nivel inferior

En la tabla 4.27, se muestra los resultados obtenidos del contenido de humedad realizado a cuatro tratamientos del nivel inferior en la etapa de dosificación del diseño en la galleta con harina de maíz morado donde se utilizó el método de termo balanza los datos extraídos del (Anexo G).

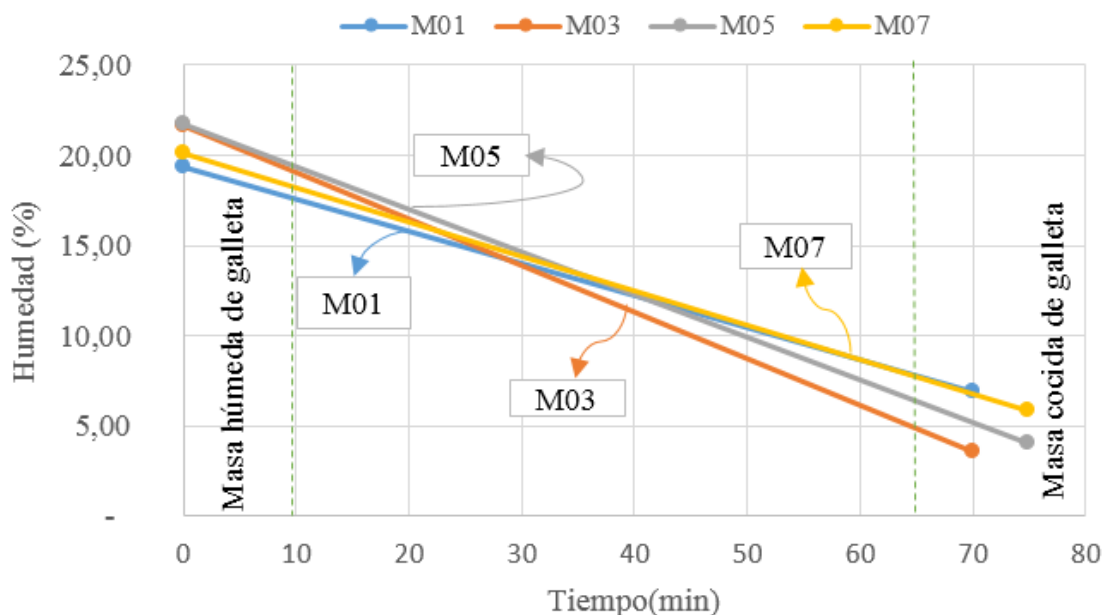
Tabla 4.27

Variación de contenido de humedad en muestras de galleta nivel inferior

Control	Muestras							
	M01		M03		M05		M07	
	Tiempo (min)	Humedad (%)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Tiempo (min)	Humedad (%)
Masa húmeda	0	19,35	0	21,59	0	21,75	0	20,11
Galleta	70	6,87	70	3,53	75	4,01	75	5,85

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.23, se muestran los resultados del contenido de humedad del diseño experimental en el nivel inferior en base a las muestras realizadas en la tabla 4.27



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23: Control de contenido de humedad en la galleta del nivel inferior en el diseño experimental

Según la figura 4.23, se puede observar que el contenido de humedad inicial en la masa húmeda de galletas en las muestras M03 (21,59) % y M05 (21,75) % en comparación a las muestras M01 (19,35) % y M07 (20,11) %, tiene menos porcentaje de contenido de humedad, sin embargo, después de (70 - 75) min; se finaliza el proceso de cocción de la galleta, se disminuye el contenido de humedad teniendo un valor final para las muestras M03 (3,53) % seguidas de las muestras M05 (4,01) %, M07 (5,85) % y M01 (6,87) %.

4.3.4.1.2 Control de contenido de humedad en la galleta para el nivel superior

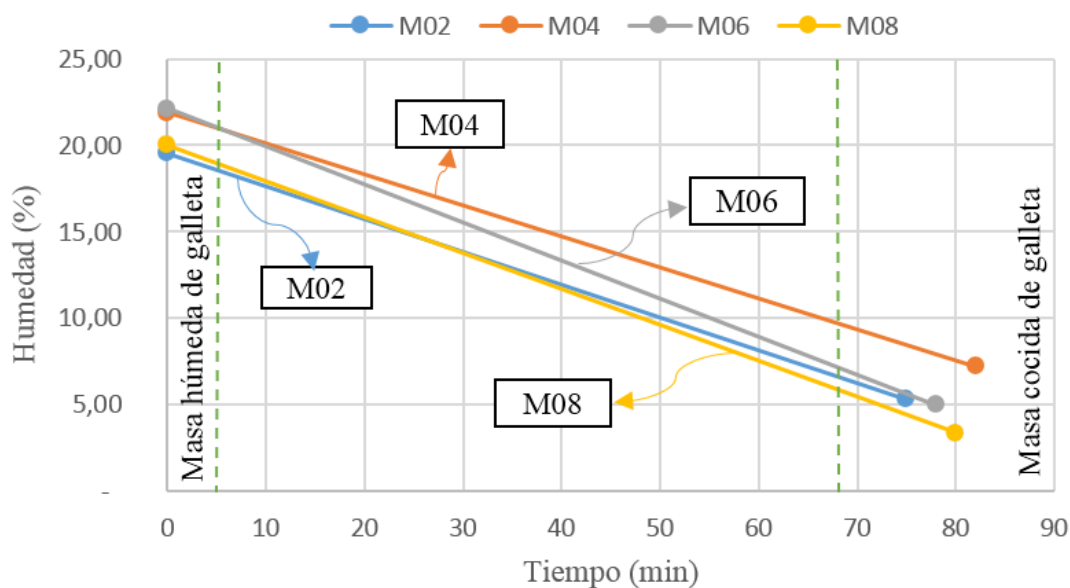
En la tabla 4.28, se muestra los resultados obtenidos del contenido de humedad realizado a cuatro tratamientos del nivel superior en la etapa de dosificación del diseño en la galleta con harina de maíz morado donde se utilizó el método de termo balanza los datos extraídos del (Anexo G).

Tabla 4.28**Variación de contenido de humedad en muestras de galleta nivel superior**

Control	Muestras							
	M02		M04		M06		M08	
	Tiempo (min)	Humedad (%)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Tiempo (min)	Humedad (%)
Masa húmeda	0	19,53	0	21,90	0	22,12	0	20,03
Galleta	75	5,30	82	7,21	78	4,98	80	3,34

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.24, se muestran los resultados del contenido de humedad del diseño experimental en el nivel superior en base a las muestras realizadas en la tabla 4.28.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24: Control de contenido de humedad en la galleta del nivel superior en el diseño experimental

Según la figura 4.24, se puede observar que el contenido de humedad inicial en la masa húmeda de galleta en las muestras M06 (22,12) % y M04 (21,90) % presentan al principio un mayor contenido de humedad; en comparación a las muestras M08 (20,03) % y M02 (19,53) % tiene menor contenido de humedad, sin embargo, después de (75 - 82) min; se finaliza el proceso de cocción de la galleta con un valor final menor de porcentaje de contenido de humedad en las muestras M08 (3,34) % seguidas de la M06 (4,98) %, M02 (5,30) % y M04 (7,21) %.

4.3.4.2 Control de pH en muestras de galleta

Para análisis de pH, se realizó la medición en pH-metro donde se separó los ocho tratamientos; cuatro en nivel inferior y cuatro niveles superiores, realizando el control en la masa húmeda y en la galleta horneada, tomando en cuenta el factor A.

4.3.4.2.1 Control de pH en la galleta para el nivel inferior

En la tabla 4.29, se muestra los resultados obtenidos de la medición de pH, realizado a cuatro tratamientos del nivel inferior en la etapa de dosificación del diseño en la galleta con harina de maíz morado donde se utilizó el instrumento de pH metro los datos son extraídos del (Anexo G).

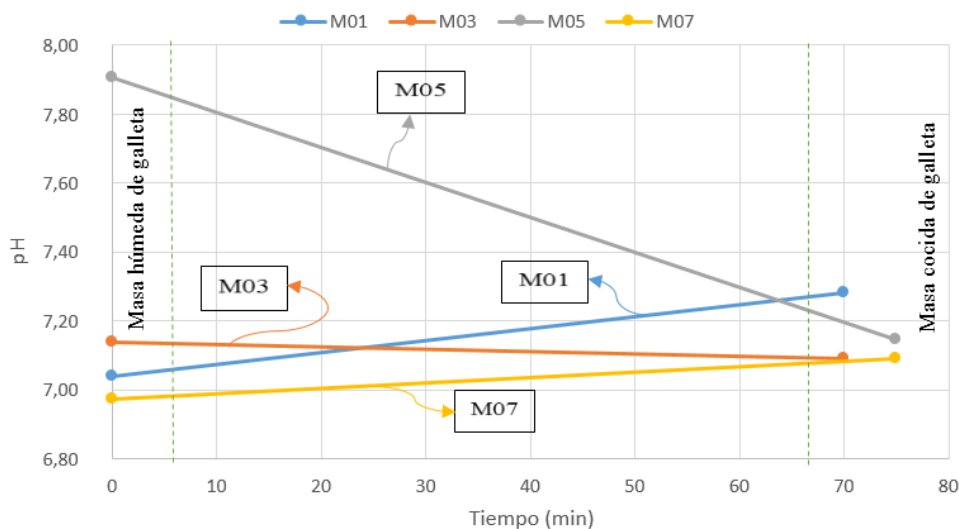
Tabla 4.29

Variación de pH en muestras de galleta para nivel inferior

Control	Muestras							
	M01		M03		M05		M07	
	Tiempo (min)	pH	Tiempo (min)	pH	Tiempo (min)	pH	Tiempo (min)	pH
Masa húmeda	0	7,04	0	7,14	0	7,91	0	6,97
Galleta	70	7,28	70	7,09	75	7,14	75	7,09

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.25, se muestran los resultados del pH del diseño experimental en el nivel inferior en base a las muestras realizadas en la tabla 4.29



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25: Control de pH en la galleta del nivel inferior en el diseño experimental

Según la figura 4.25, se puede observar que el pH inicial en la masa húmeda de galletas en las muestras M05 (7,91) presenta un valor alto casi alcalino y las muestras M03 (7,14), M01 (7,04), M07 (6,97) presentan un valor bajo de pH, sin embargo, después de (70 - 75) min; finaliza el proceso de cocción de galleta con un valor final menor de pH para las muestras M01 (7,28) seguidas de la M05 (7,14), M07 (7,09) que incrementaron su pH, mientras que la muestra M03 (7,09) bajo su pH, pero se mantuvo más estable.

4.3.4.2.2 Control de pH en la galleta para el nivel superior

En la tabla 4.30, se muestra los resultados obtenidos de la medición de pH realizado a cuatro tratamientos del nivel superior en la etapa de dosificación del diseño en la galleta con harina de maíz morado donde se utilizó el instrumental con el pH metro los datos extraídos del (Anexo G).

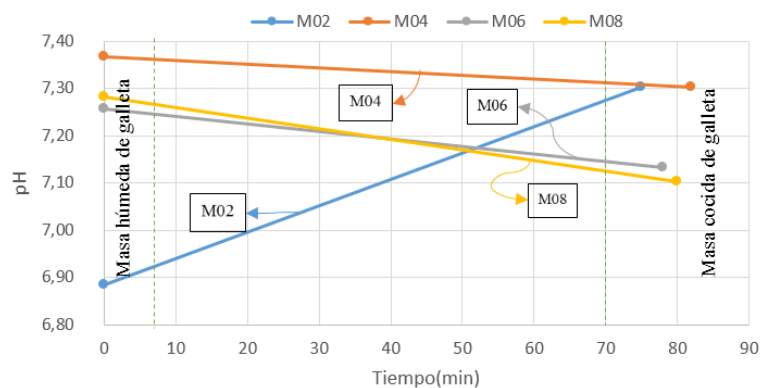
Tabla 4.30

Variación de pH en muestras de galleta para nivel superior

Control	Muestras							
	M02		M04		M06		M08	
	Tiempo (min)	pH	Tiempo (min)	pH	Tiempo (min)	pH	Tiempo (min)	pH
Masa húmeda	0	6,88	0	7,37	0	7,26	0	7,28
Galleta	75	7,30	82	7,30	78	7,13	80	7,10

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.26, se muestran los resultados del pH del diseño experimental en el nivel superior en base a las muestras realizadas en la tabla 4.30



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26: Control de pH en la galleta del nivel superior en el diseño experimental

Según la figura 4.26, se puede observar que el pH inicial en la masa húmeda de galleta en las muestras M04 (7,37) presentan un pH mayor; en comparación a las muestras M08 (7,28) y M06 (7,26), mientras que la muestra M02 (6,88) presenta un pH menor al inicio, sin embargo, después de (75 - 82) min; finaliza el proceso de cocción de las galletas con un valor final menor de pH para las muestras M04 (7,30), M08 (7,10) M06 (7,13) y la M02(7,30) presenta un incremento su pH.

La muestra M04 se mantuvo un valor más estable de pH entre un rango de (7,37 - 7,30).

4.3.4.3 Control de contenido de acidez (ácido láctico) en muestras de galleta

Para análisis de acidez se lo llevo a cabo por titulación para realizar la medición (%) acidez expresada en ácido láctico se separó los ocho tratamientos; cuatro en nivel inferior y cuatro niveles superiores, realizando el control en la masa húmeda y en la galleta horneada, tomando en cuenta el factor A.

4.3.4.3.1 Control de contenido de acidez (ácido láctico) en la galleta para el nivel inferior

En la tabla 4.31, se muestra los resultados obtenidos del contenido de la acidez (ácido láctico) realizado a cuatro tratamientos del nivel inferior en la etapa de dosificación del diseño en la galleta con harina de maíz morado donde se utilizó el método de titulación los datos fueron extraídos del (Anexo G).

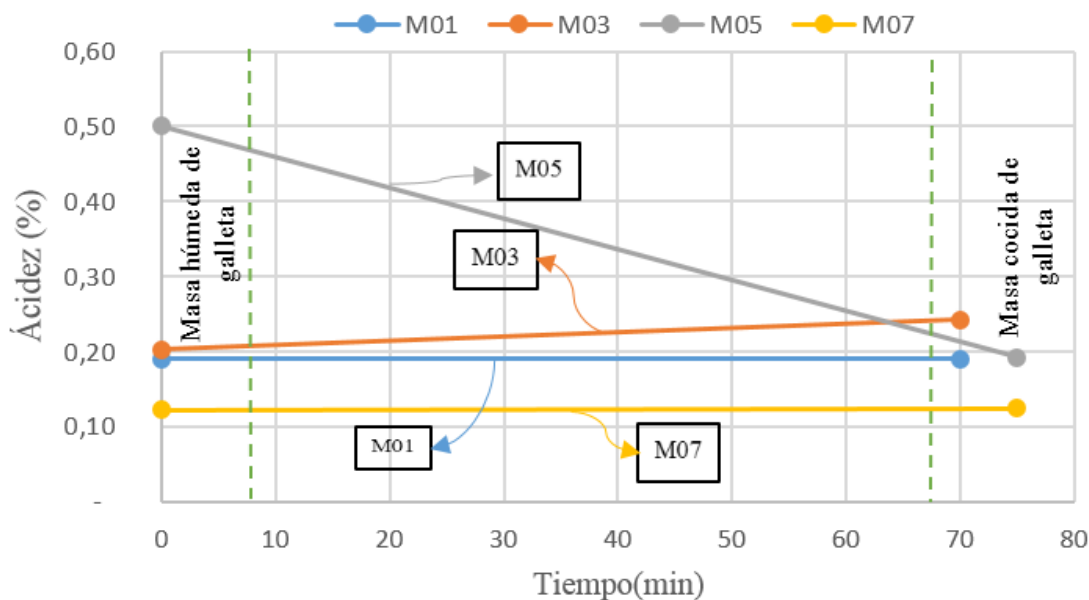
Tabla 4.31

Variación de acidez en muestras de galleta para nivel inferior

Control	Muestras							
	M01		M03		M05		M07	
	Tiempo (min)	Acidez (%)	Tiempo (min)	Acidez (%)	Tiempo (min)	Acidez (%)	Tiempo (min)	Acidez (%)
Masa húmeda	0	0,19	0	0,20	0	0,50	0	0,12
Galleta	70	0,19	70	0,24	75	0,19	75	0,12

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.27, se muestran los resultados de acidez (ácido láctico) del diseño experimental en el nivel inferior en base a las muestras realizadas en la tabla 4.31.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Control de contenido de acidez en la galleta del nivel inferior en el diseño experimental

Según la figura 4.27, se puede observar que el contenido de acidez inicial en la masa húmeda de galleta en las muestras M05 (0,50) % presenta una elevada acidez al inicio, en comparación a M03 (0,20) %, M01 (0,9) %, M07 (0,12) %. Finalizando el proceso de cocción de la galleta entre tiempo de (70 - 75) min, se presentó un valor final de M05 (0,19) %. M03 (0,24) %, M01 (0,19) % M07 (0,12) %.

La muestra M03, M01, M07 presenta menor variación de acidez durante el proceso.

4.3.4.3.2 Control de contenido de acidez (ácido láctico) en la galleta para el nivel superior

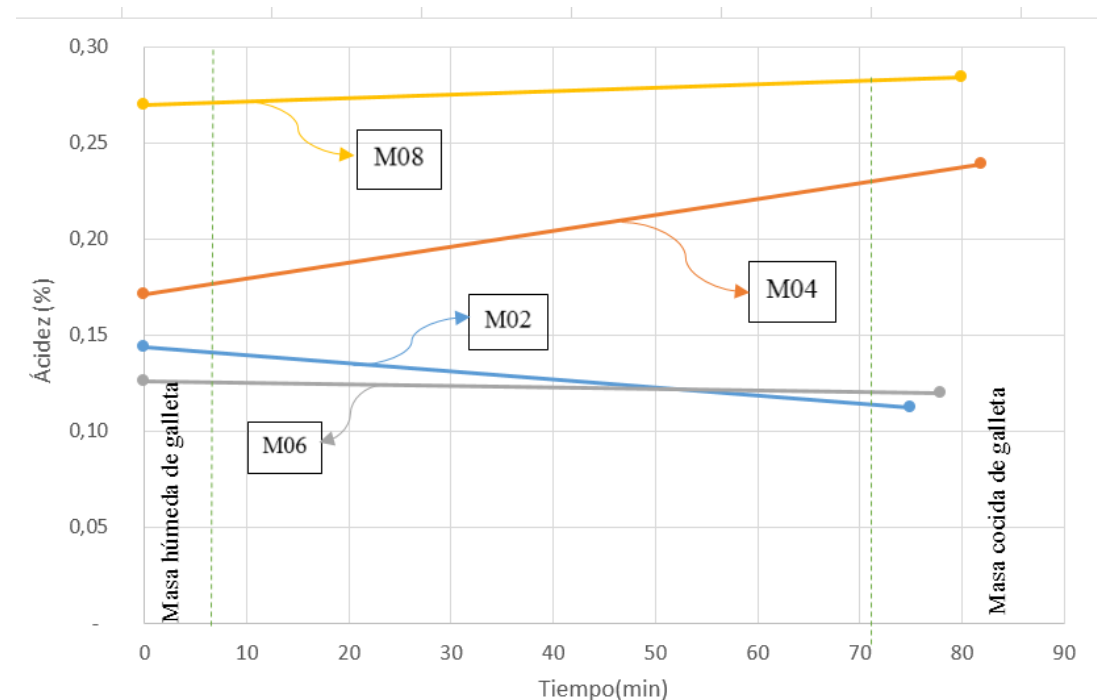
En la tabla 4.32, se muestra los resultados obtenidos del contenido de la acidez (ácido láctico) realizado a cuatro tratamientos del nivel superior en la etapa de dosificación del diseño en la galleta con harina de maíz morado donde se utilizó el método de titulación los datos son extraídos del (Anexo G).

Tabla 4.32**Variación de acidez en muestras de galleta para nivel superior**

Control	Muestras							
	M02		M04		M06		M08	
	Tiempo (min)	Acidez (%)	Tiempo (min)	Acidez (%)	Tiempo (min)	Acidez (%)	Tiempo (min)	Acidez (%)
Masa húmeda	0	0,14	0	0,17	0	0,13	0	0,27
Galleta	75	0,11	82	0,24	78	0,12	80	0,28

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.28, se muestran los resultados de acidez (ácido láctico) del diseño experimental en el nivel superior en base a las muestras realizadas en la tabla 4.32



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28: Control de acidez en la galleta del nivel superior en el diseño experimental

Según la figura 4.28, se puede observar que la acidez inicial en la masa húmeda para las muestras M08 (0,27) %, M04 (0,17) %, M02 (0,14) %, y M06 (0,13) %, donde transcurrido un tiempo de (75 - 82) min, finaliza el proceso de cocción de galleta presentando un incremento de acidez para la muestra M04 (0,24) % y leve incremento

en la muestra M08 (0,28) %, mientras las muestras M02 (0,11) % y M06 (0,12) % presentan una leve disminución en su contenido de acidez.

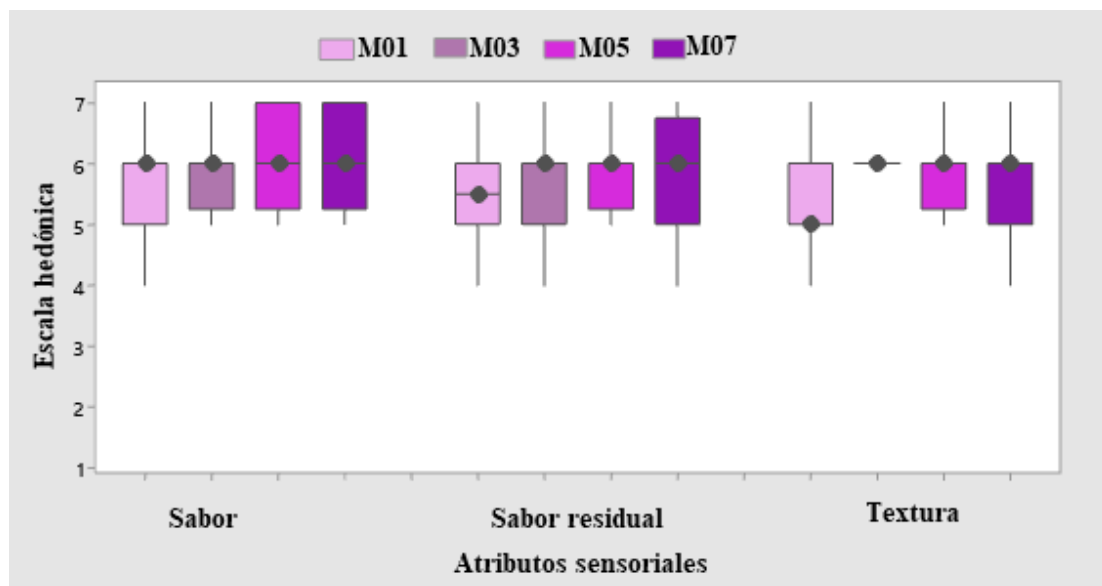
La muestra M08 (0,27 - 0,28) % presenta más estabilidad en su contenido de acidez expresado en ácido láctico en comparación a las demás muestras (M02 - M06 - M04).

4.3.5 Evaluación sensorial en el diseño experimental 2^3 en la etapa de dosificación en la galleta con harina de maíz morado

Se realizó evaluación sensorial en el diseño experimental 2^3 en la etapa de dosificación separando los ocho tratamientos de las muestras en dos grupos, cuatro niveles inferiores y cuatro niveles superiores; con el fin de poder observar la variación en la formulación de la galleta.

4.3.5.1 Estadístico de caja y bigote para el nivel inferior de la galleta con harina de maíz morado

En la figura 4.29, se muestran los estadísticos de la caja y bigote de los datos extraídos de Anexo D, para el tributo de sabor (tabla D.49), sabor residual (tabla D.52) y textura (tabla D.55) para nivel inferior.



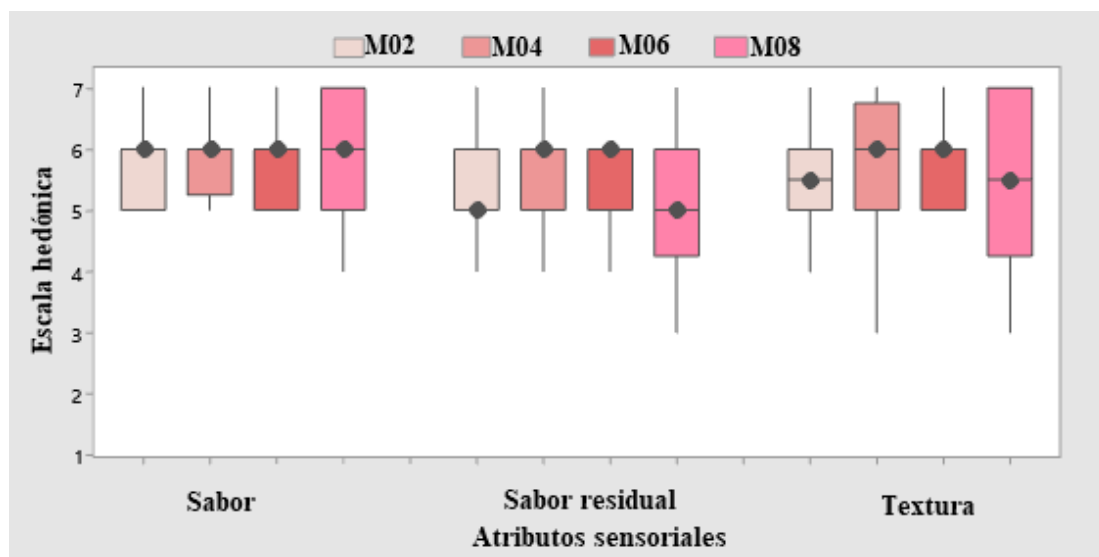
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29: Caja y bigote del diseño factorial para el nivel inferior

Según la figura 4.29, se observó resultados obtenidos de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 6 (M01 - M03 - M05 - M07), sabor residual 6 (M03 - M05 - M07), textura 6 (M03 - M05 - M07). Así mismo, realizado el análisis estadístico de varianza, se pudo evidenciar que si hay diferencia significativa entre los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.3.5.2 Estadístico de caja y bigote para el nivel superior de la galleta con harina de maíz morado

En la figura 4.30, se muestran los estadísticos de la caja y bigote de los datos extraídos de Anexo D, para el tributo de sabor (tabla D.58), sabor residual (tabla D.60) y textura (tabla D.62) para nivel superior.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30: Caja y bigote de diseño factorial nivel superior

Según la figura 4.30, se observó resultados obtenidos de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 6 (M02 - M04 - M06 - M08), sabor residual (M04 - M06), textura (M04 - M06). Así mismo realizado el análisis estadístico de varianza, se pudo evidenciar que no hay diferencia significativa entre los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

De acuerdo a las evaluaciones sensoriales realizadas en el diseño experimental en la etapa de dosificación no hubo gran diferencia significativa entre las muestras, según

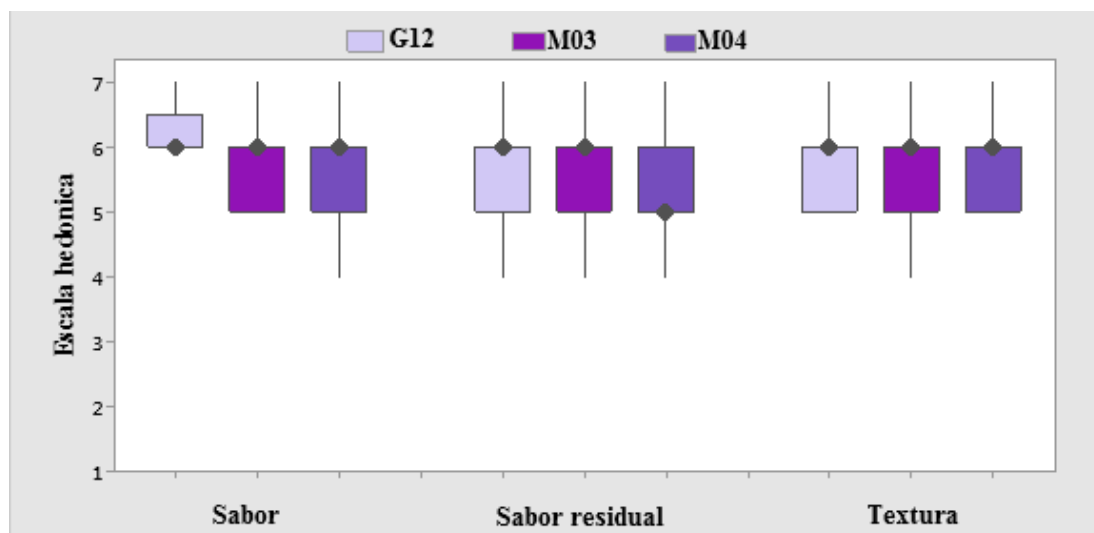
los jueces todas las muestras eran de su agrado, resaltando dos muestras (M03 - M04). La muestra M03 tuvo una mayor aceptación en el atributo textura con una caja y bigote agrupada en una mediana (6) para nivel inferior, mientras que la muestra M04 tuvo mejor aceptación en el atributo textura con una mediana de (6) para nivel superior.

4.3.6 Evaluación sensorial del diseño y muestra ideal de la galleta con harina de maíz morado

Se realizó una evaluación sensorial a las muestras del diseño (M03-M04) junto con la muestra con la que se entró al diseño (G12) para seleccionar la muestra final para ser tomada en cuenta en el diseño experimental en la etapa de horneado del proceso de elaboración de la galleta.

4.3.6.1 Estadístico de caja y bigote de diseño y muestra ideal para la galleta con harina de maíz morado

En la figura 4.31, se muestran los estadísticos de la caja y bigote de los datos extraídos de Anexo D, para el tributo de sabor (tabla D.64), sabor residual (tabla D.66) y textura (tabla D.68).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31: Caja y bigote de diseño experimental y muestra ideal

Según la figura 4.31, se observó los resultados obtenidos de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 6 (G12 - M03 - M04),

sabor residual 6 (G12 - M04), textura 6 (G12 - M03 - M04). Así mismo, realizado el análisis estadístico, se pudo evidenciar que hay diferencia significativa entre los atributos sabor y sabor residual de las muestras evaluadas. Sin embargo, para el atributo textura se puede evidenciar que no hay diferencia significativa en las muestras para nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

4.4 Diseño factorial 2² en la etapa de horneado para la galleta con harina de maíz morado

En base a la muestra G12 seleccionada después de realizar el diseño de dosificación, se procedió a aplicar el diseño factorial (tabla 3.4) en la etapa de horneado para elaborar la galleta con harina de maíz morado, el cual se tomó en cuenta como la variable respuesta la humedad en base húmeda de la galleta.

4.4.1 Variable respuesta de contenido de humedad (base húmeda) en la etapa de horneado en la elaboración de la galleta con harina de maíz morado

Aplicando el diseño experimental se tomaron en cuenta las variables independientes, Factor A (temperatura), Factor B (tiempo) y como variable respuesta el contenido de humedad de la galleta, para el cual se utilizó norma INEN0095; la metodología utilizada se encuentra en el (Anexo F).

El contenido de humedad se obtuvo como variable respuesta a la aplicación del diseño experimental en la etapa de horneado, se realizó un análisis estadístico (tabla 4.33) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados se detallan en el (Anexo H).

Tabla 4.33

Análisis de Varianza en función a la variable respuesta contenido de humedad

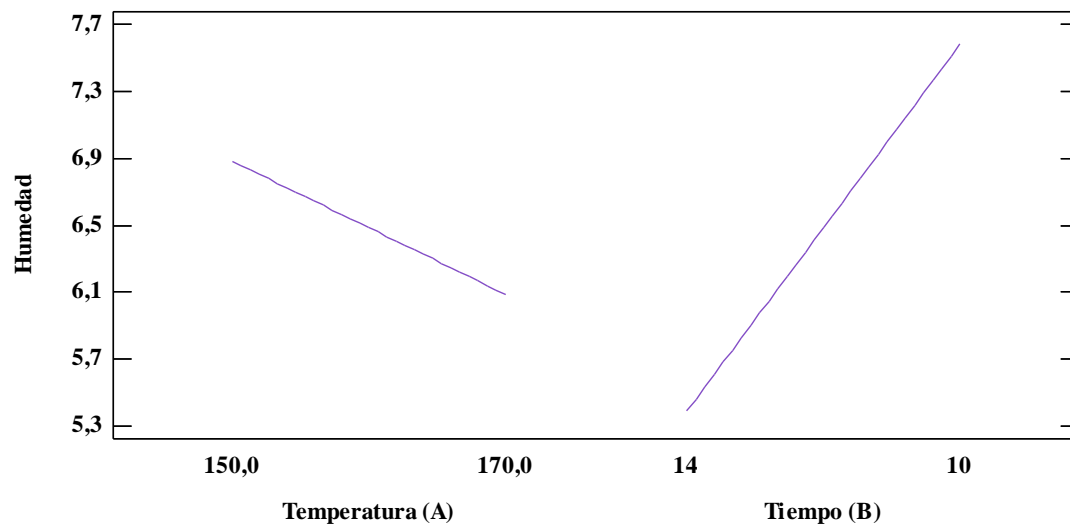
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	F _{cal}	F _{tab}
Factor A	1,26	1	1,264	130,65	0,00*
Factor B	9,59	1	9,59	991,44	0,00*
Interacción AB	10,81	1	10,81	1117,44	0,00*
Error total	0,03	4	0,01		
Total	21,70	7			

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

Según el análisis de varianza realizado en la tabla 4.33, se puede observar que para los factores A (temperatura), B (tiempo) e interacción AB (temperatura – tiempo), si existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$ en la etapa de horneado, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.31, se muestra los efectos principales para los factores; A (temperatura), B (tiempo) con relación a la variable respuesta contenido de humedad (%).

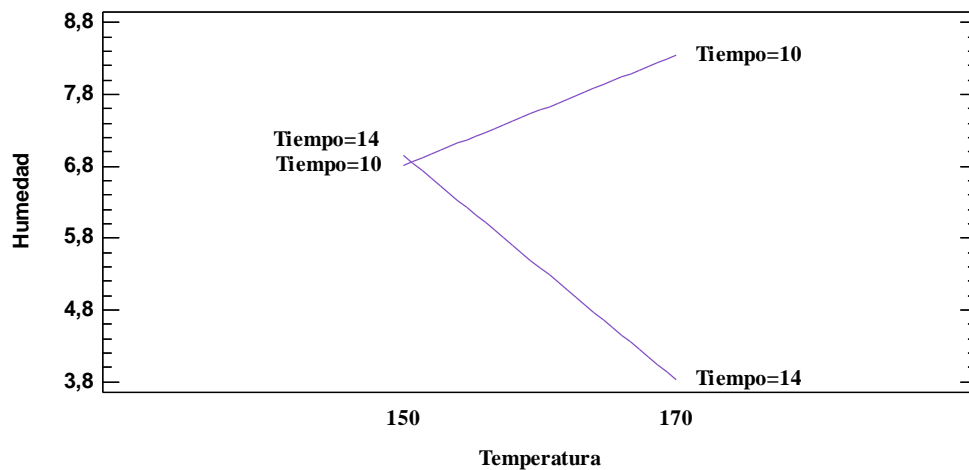


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32: Efectos principales para el contenido de humedad

En la figura 4.32, se puede observar que el factor B (tiempo), influye significativamente en la variable respuesta del contenido de humedad (%) para un rango de (14 - 10) min, por lo tanto, a un nivel alto el factor B disminuye su contenido de humedad en el proceso de horneado. El factor A (temperatura), también influye significativamente a un nivel bajo, el contenido de humedad aumenta para un rango de (150 - 170) °C.

En la figura 4.33, se muestra la interacción de los factores; AB (temperatura - tiempo), en función a la variable respuesta de contenido de humedad.

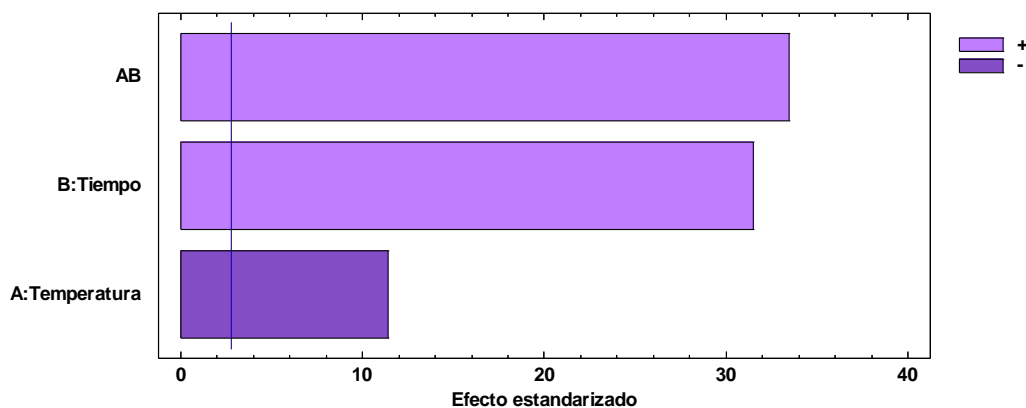


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33: Interacción de factores para el contenido de humedad

Según la figura 4.33, puede observar que el contenido de humedad para factor A (temperatura) entre un rango de (150 - 170) °C, se ve afectado significativamente, para el nivel bajo del factor B (tiempo) la humedad en base húmeda de la galleta oscila entre (6,8 – 8,40) %, mientras que para el nivel alto del factor B (tiempo) el contenido de humedad oscila entre (3,80 – 6,8) %.

En la figura 4.34, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia indican que son significativos para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34: Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad

Según la figura 4.34, se puede observar que todos los factores A (Temperatura), B (tiempo) y la interacción AB (temperatura - tiempo) sobrepasan la línea de referencia, por tanto, son estadísticamente significativos, para un nivel de confianza de $\alpha = 0,05$.

En la tabla 4.34, se muestra los factores óptimos para el proceso de horneado de la galleta con harina de maíz morado, para la variable respuesta es el contenido de humedad

Tabla 4.34

Factores óptimos para el contenido de humedad en base húmeda en el proceso de horneado de galleta con harina de maíz morado

Factor	Unidad	Bajo	Alto	Optimo
A: Temperatura	°C	150	170	170
B: Tiempo	Min	14	10	10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.34, se puede observar que los factores óptimos para el proceso de horneado en la elaboración de galleta con harina de maíz morado son: factor A (temperatura) es igual a 170 °C y el factor B (tiempo) es igual a 10 min, obteniendo el valor más óptimo para la variable respuesta contenido de humedad (8,12) % en base húmeda.

Se tomó en cuenta muestra (H04) por la significancia que presenta es mayor a las demás muestras (H01 - H02 - H03) en el diseño factorial 2^2 en la etapa de horneado respecto al contenido de humedad en base húmeda. También se destaca que según investigaciones teóricas leídas indica que para preservar las propiedades antioxidantes en el maíz morado se debe someter a una temperatura alta por un tiempo corto para evitar la destrucción de antocianinas y las proteínas, así también mantener el color de la galleta.

4.5 Caracterización del producto terminado galleta con harina de maíz morado

En la caracterización del producto terminado, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la galleta, los cuales se detallan a continuación.

4.5.1 Análisis fisicoquímico de la galleta con harina de maíz morado

En la tabla 4.35, se detallan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la galleta con harina de maíz morado de datos extraídos (Anexo B).

Tabla 4.35

Análisis fisicoquímicos de la galleta con harina de maíz morado

Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	%	0,37
Ceniza	%	2,86
Materia grasa	%	16,10
Hidratos de carbono	%	67,48
Humedad	%	7,02
Proteína total	%	6,17
Valor energético	Kcal/100 g	439,5
Acidez	%	0,05
Gluten húmedo	%	n.d.
Calcio	mg/100g	324,0
Fósforo	mg/100g	280,0

Fuente: CEANID, 2022 n.d.= No detectable

En la tabla 4.35, se puede observar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la galleta con harina de maíz morado que presenta: fibra 0,37 %, ceniza 2,86 %, materia grasa 16,10 %, hidratos de carbono 67,48 %, humedad 7,02 %, proteína total 6,17 %, valor energético 439,5 Kcal/100 g, acidez 0,05 %, gluten húmedo n.d., calcio 324,0 mg/100g y fósforo 280,0 mg/100g.

4.5.2 Análisis microbiológico de la galleta con harina de maíz morado

En la tabla 4.36, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de trigo de datos extraídos (Anexo B).

Tabla 4.36

Análisis microbiológico de la galleta con harina de maíz morado

Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y Levadura	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)

Fuente: CEANID, 2022

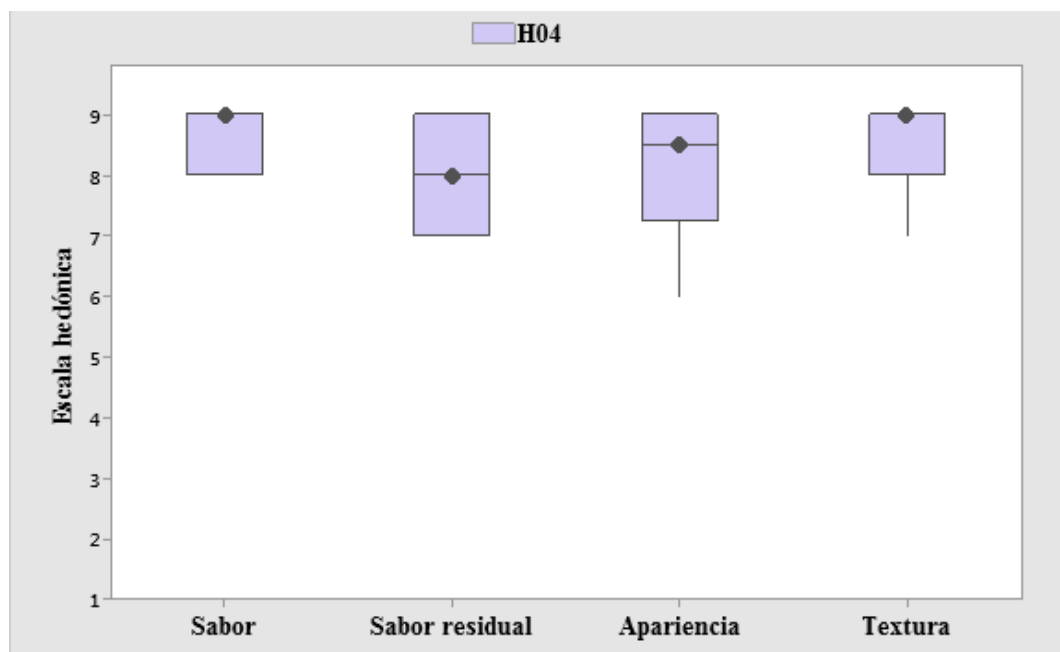
(*) = No se observa desarrollo de colonias

En la tabla 4.36, se observa los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la galleta con harina de maíz morado que presenta: Coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, Mohos y Levadura $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g.

4.5.3 Evaluación sensorial para la muestra final de galleta con harina de maíz morado

Se realizó una evaluación sensorial a la muestra H04 de galleta con harina de maíz morado la cual se llevó a cabo según la escala hedónica de nueve puntos con fin de ver le grado de aceptación que presenta la galleta ante 20 jueces no entrenados.

En la figura 4.35, se muestran los estadísticos de caja y bigote de los datos extraídos de Anexo D, para el atributo sabor (tabla D.70), sabor residual (tabla D.70), apariencia (tabla D.70) y textura (tabla D.70).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35: Caja y bigote de diseño muestra final de galleta con harina de maíz morado

Según la figura 3.35, se observó que los resultados de las medianas en función de los atributos de la muestra final evaluada son: sabor 9 (H04), sabor residual 8 (H04), apariencia 8,5 (H04) y textura 9 (H04).

4.6 Control de pH, acidez y contenido de humedad en la galleta con harina de maíz morado durante el almacenamiento

Se llevó a cabo el control de pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad durante el almacenamiento, en base a la muestra final de galleta con harina de maíz morado (H04); se elaboraron dos muestras con la misma dosificación; (H04S) sin conservante envasada en bolsas de propileno de mediana densidad y (H04C) con conservante (propionato de calcio) envasado en bolsas de propileno de mediana densidad, para lo cual se realizó un control tres veces a la semana cada dos días (lunes-miércoles-viernes).

El control de pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad durante el almacenamiento se realizó con el fin de establecer el tiempo de durabilidad del producto, controlando la estabilidad o variación que presenta durante un determinado tiempo, a través de análisis realizados a la galleta.

4.6.1 Control de contenido de humedad en la galleta durante el almacenamiento

En la tabla 4.37, se muestran los resultados obtenidos de la variación del contenido de humedad de la galleta sin conservante (H04S) y con conservante (H04C); en función del tiempo de almacenamiento de datos extraídos del Anexo I.

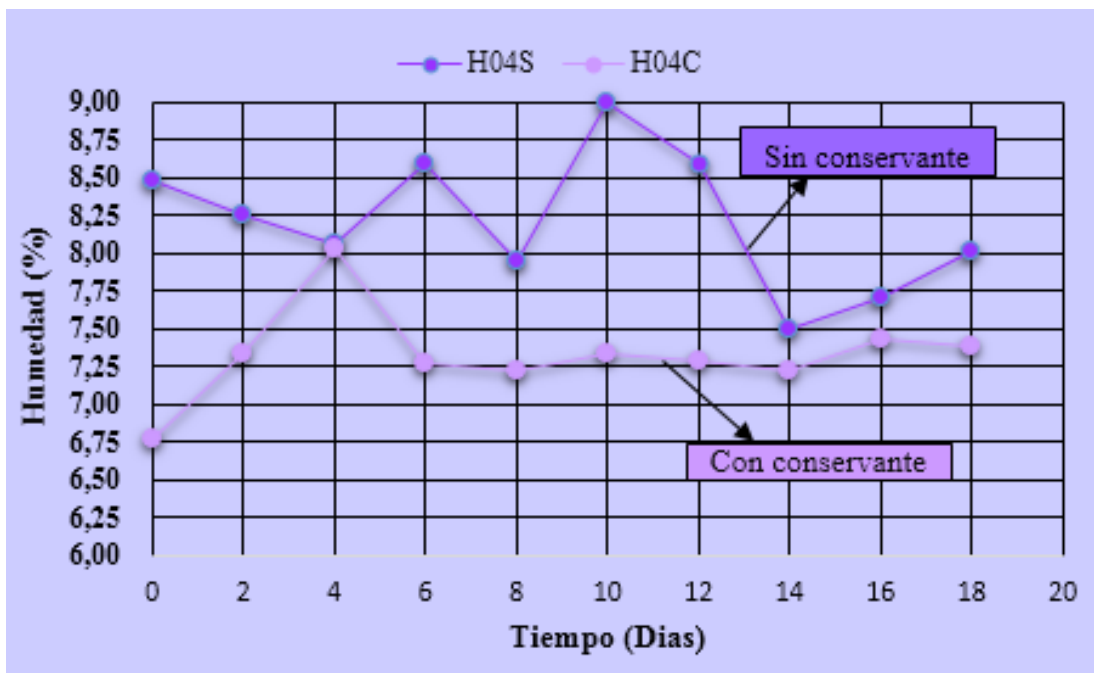
Tabla 4.37

Variación de contenido de humedad en la galleta durante el almacenamiento

Tiempo (días)	Contenido de humedad	
	H04S	H04C
0	8,47	6,77
2	8,26	7,33
4	8,06	8,03
6	8,60	7,26
8	7,95	7,22
10	8,99	7,33
12	8,60	7,29
14	7,50	7,22
16	7,70	7,43
18	8,01	7,38

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.36., se muestra el control de contenido de humedad en la galleta durante el almacenamiento en base a la tabla 4.37.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36: Control de contenido de humedad en la galleta durante el almacenamiento

Según la figura 4.36, se observa que el contenido de humedad al inicio 8,47 % (H04S) y 6,77 % (H04C), sin embargo, los días (2 - 4) presenta una pérdida de contenido de humedad en la muestra 8,06 % (H04S), mientras que el contenido de humedad aumenta 8,03 % (H04C). Desde los días (6 - 18) la muestra H04S presenta variación en su contenido de humedad de (8,60 - 8,01) %, mientras que la muestra H04C presenta una leve estabilidad de (7,26 - 7,38) %.

De acuerdo al control realizado en la galleta con harina de maíz morado al contenido de humedad de la muestra H04C adicionada con conservante (propionato de calcio), se pudo evidenciar que presentó mayor estabilidad, por tanto, la adicción de conservante si afecta en el contenido de humedad de la galleta

4.6.2 Control de pH en la galleta durante el almacenamiento

En la tabla 4.38, se muestran los resultados obtenidos de la variación del pH de la galleta sin conservante (H04S) y con conservante (H04C); en función del tiempo de almacenamiento de los datos extraídos del Anexo I.

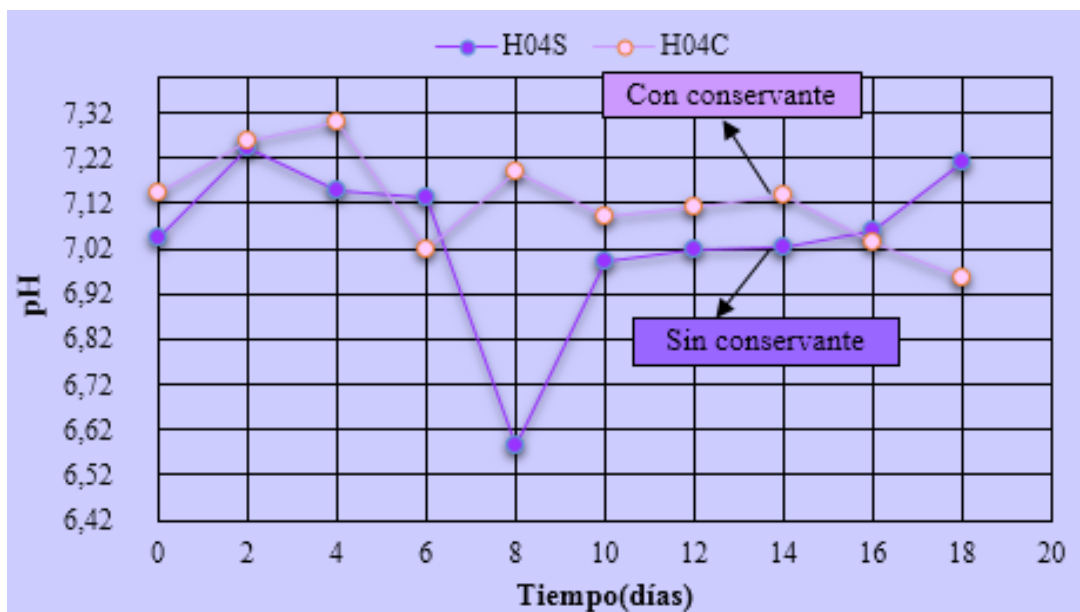
Tabla 4.38

Variación de pH en la galleta durante el almacenamiento

Tiempo (días)	Contenido de humedad	
	H04S	H04C
0	7,05	7,14
2	7,24	7,26
4	7,15	7,30
6	7,14	7,02
8	6,58	7,19
10	6,99	7,09
12	7,02	7,11
14	7,02	7,14
16	7,06	7,04
18	7,21	6,96

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.37, se muestra el control de pH en la galleta durante el almacenamiento en la tabla 4.38.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37: Control de pH en la galleta durante el almacenamiento

Según la figura 4.37, la muestra H04S y H04C presenta en el día (0,0) un pH inicial de 7,05 (H04S) y 7,14 (H04C). En los días (2 - 8) la muestra H04S (7,24 - 6,58) presenta una disminución en su pH, mientras que para los días (2 - 10) la muestra H04C (7,26 -

7,09) presenta una leve variación (aumenta - disminuye). A partir de los días (10 - 18) el pH aumenta en la muestra H04S (6,99 - 7,21), sin embargo, el pH disminuye para la muestra H04C (7,09 - 6,96).

De acuerdo al control realizado en pH en las galletas con harina de maíz morado la muestra H04C (7,14 - 6,96) presenta menor variación, por tanto, la adicción de conservante (propionato de calcio) se ve afectado directamente el pH de la galleta.

4.6.3 Control de acidez (ácido láctico) en la galleta durante el almacenamiento

En la tabla 4.39, se muestran los resultados obtenidos de la variación de acidez de la galleta sin conservante (H04S) y con conservante (H04C); en función del tiempo de almacenamiento de los datos extraídos del Anexo I.

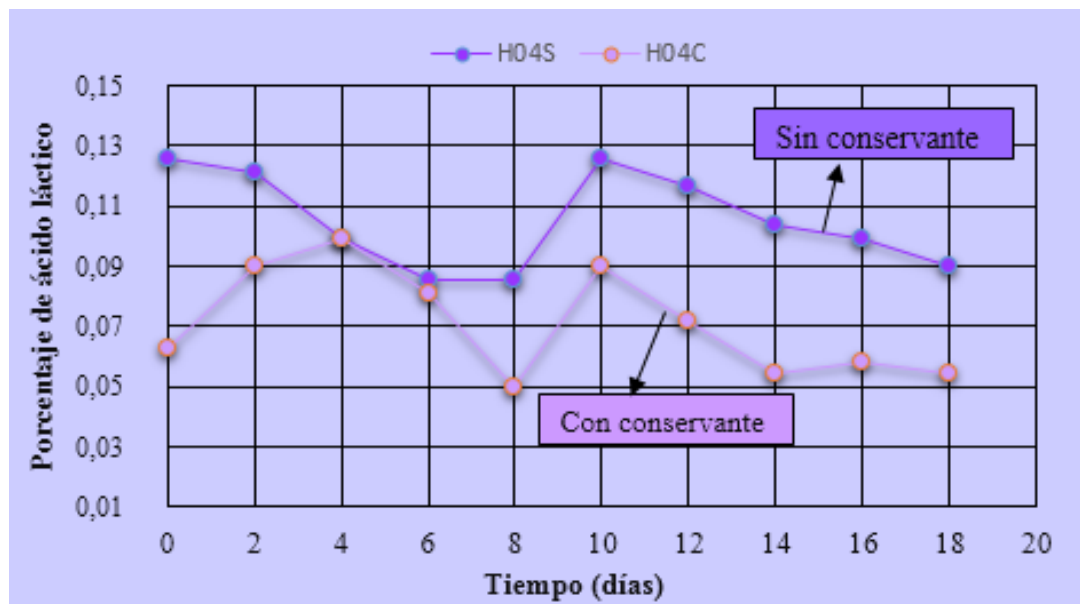
Tabla 4.39

Variación de acidez en la galleta durante el almacenamiento

Tiempo (días)	Acidez (ácido láctico)	
	H04S	H04C
0	0,13	0,06
2	0,12	0,09
4	0,10	0,10
6	0,09	0,08
8	0,09	0,05
10	0,13	0,09
12	0,12	0,07
14	0,10	0,05
16	0,10	0,06
18	0,09	0,05

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.38, se muestra el control de acidez (ácido láctico) en la galleta durante el almacenamiento en la tabla 4.39.



Fuente: Elaboración propia

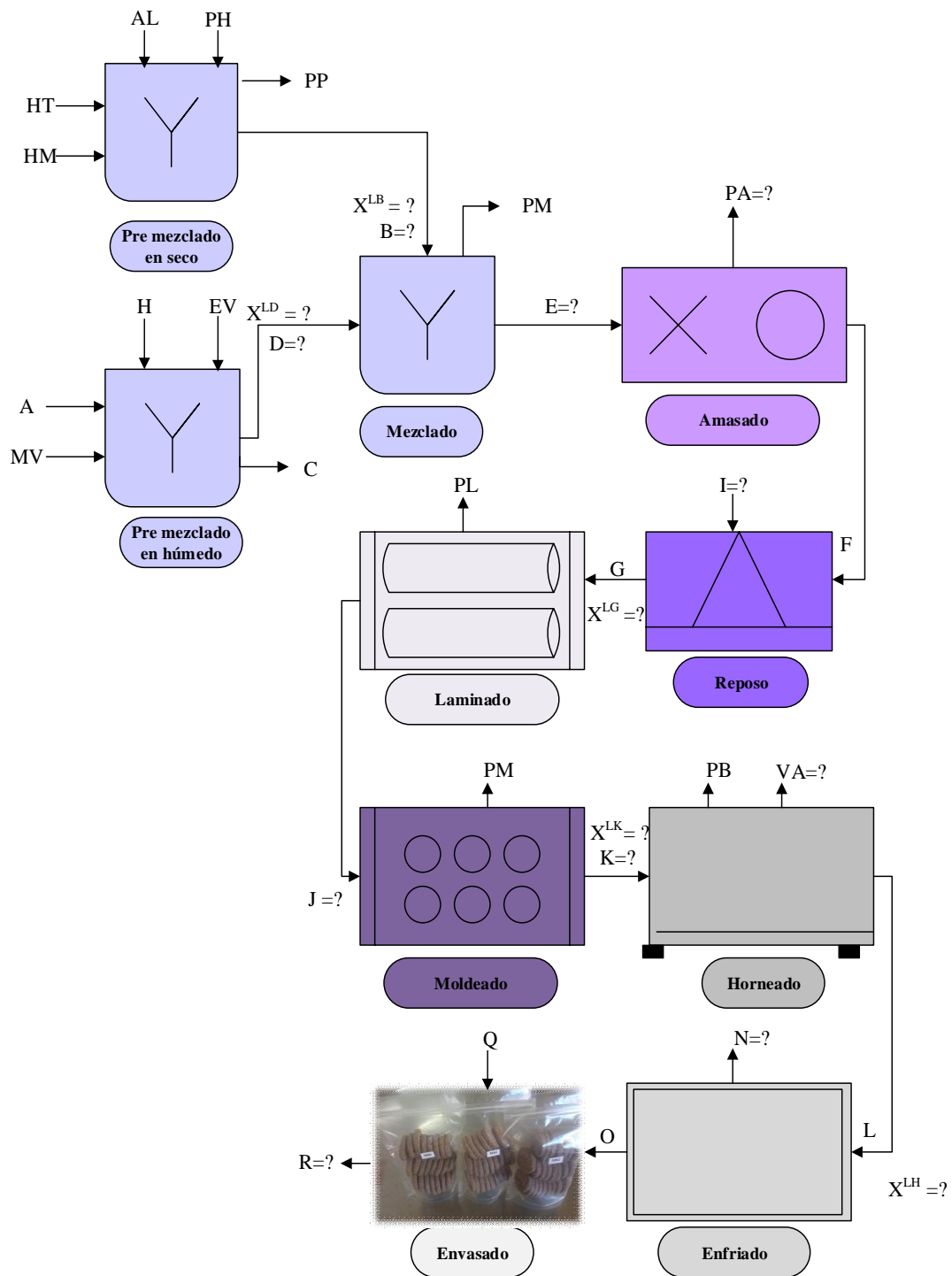
Figura 4.38: Control de contenido acidez (ácido láctico) en la galleta durante el almacenamiento

Según la figura 4.38, las muestras H04S y H04C en el día (0,0) presentan un contenido de acidez de 0,13 % (H04S) y 0,06 % (H04C). La muestra H04S (0,12 - 0,09) % en los días (2 - 8) presenta una disminución de acidez, mientras tanto la muestra H04C (0,09 - 0,05) %, presenta una leve variación. Sin embargo, desde los días (10 - 18) la muestra H04S (0,13 - 0,9) % disminuye su acidez, mientras la muestra H04C (0,09 - 0,05) también disminuye su acidez.

De acuerdo al control de acidez realizado en la galleta con harina de maíz morado se pudo evidenciar que la muestra H04C (0,06 - 0,05) presenta menor variación, por tanto, la adición del conservante (propionato de calcio) si afecta al contenido de acidez (ácido láctico) en la galleta.

4.7 Balance de materia en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

En la figura 4.39, se muestra el balance de materia general realizado para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado para un cálculo en base a 1000,05 g. de masa de galleta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39: Balance de materia general en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

Donde:

HT = Harina de trigo (g)

HM = Harina de maíz morado (g)

AL = Almidón de maíz (g)

PH = Polvo de hornear (g)

A = Azúcar (g)

MV = Manteca vegetal (g)

H = Huevo(g)

EV = Esencia de vainilla (g)

PP = Pérdidas pre mezclado en seco (g)

B = Mezcla de harinas (g)

C = Pérdidas en pre mezclado en húmedo (g)

D = Mezcla emulsionada (g)

E = Masa mezclada (g)

PM = Pérdidas en mezclado (g)

F = Masa amasada (g)

PA = Pérdidas en el amasado (g)

G = Masa fría (g)

I = Frío absorbido (g)

PL = Pérdidas de laminado (g)

J = Masa laminada (g)

K = Masa moldeada (g)

PW = Pérdidas del moldeado(g)

L = Galleta recién salida del horno (g)

VA = Vapor evaporado en el horneado (g)

PB = Pérdidas en la bandeja (g)

N = Vapor perdido en etapa de enfriamiento (g)

O = Galleta seca (g)

Q = Bolsas (g)

R = Producto final (g)

X^{HT} = Fracción contenido de humedad de la harina de trigo

X^{HM} = Fracción contenido de humedad de la harina de maíz morado

X^{HA} = Fracción contenido de humedad del almidón de maíz

X^{HP} = Fracción contenido de humedad del polvo de hornear

X^{HN} = Fracción contenido de humedad de vapor perdido en etapa de enfriamiento

X^{HO} = Fracción contenido de humedad e la galleta seca

X^{HD} = Fracción contenido de humedad de la mezcla emulsionada

X^{HB} = Fracción contenido de humedad de la mezcla de harinas

X^{HG} = Fracción contenido de humedad de masa fría

X^{HE} = Fracción contenido de humedad de la masa mezclada

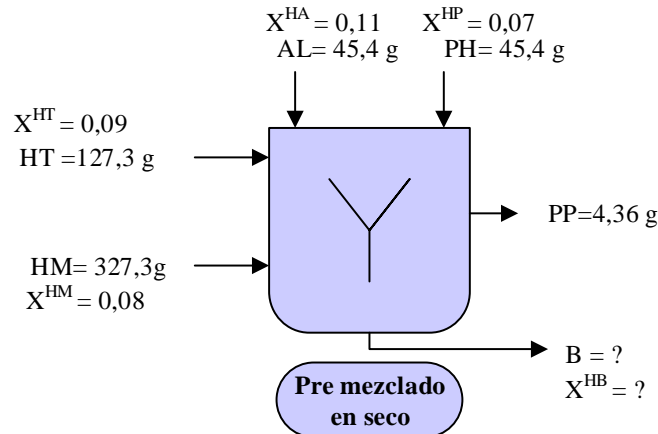
X^{HF} = Fracción contenido de humedad de la masa amasada

X^{HL} = Fracción contenido de humedad de la galleta caliente

X^{HVA} = Fracción contenido de humedad de agua evaporada en el horneado

4.7.1 Balance de materia para la etapa de pre mezclado en seco

En la figura 4.40, se muestra un diagrama de la etapa de pre mezclado en seco de las harinas utilizadas en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.40: Etapa de pre mezclado en seco

Balance de materia general en la etapa de pre mezclado seco:

$$HT + HM + AL + PH = PP + B \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Despejar B (mezclas de harinas), de la ecuación 4.1, reemplazar los datos

$$B = HT + HM + AL + PH - PP \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$B = (127,3 + 327,3 + 45,4 + 45,4 - 4,36)g$$

$$B = 541,04 g$$

Balance de materia parcial en base húmeda del proceso de pre mezclado:

$$HT * X^{HL} + HM * X^{HM} + AL * X^{HA} + PH * X^{HP} = PP * X^{HB} + B * X^{HB} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

De la ecuación 4.3, despejamos contenido de humedad en mezclas secas X^{HB}

$$PP * X^{HB} + B * X^{HB} = HT * X^{HL} + HM * X^{HM} + AL * X^{HA} + PH * X^{HP}$$

$$X^{HB} * (PP + B) = HT * X^{HL} + HM * X^{HM} + AL * X^{HA} + PH * X^{HP}$$

$$X^{HB} = \frac{HT * X^{HL} + HM * X^{HM} + AL * X^{HA} + PH * X^{HP}}{(PP + B)} \quad \text{Ecuación 4.4}$$

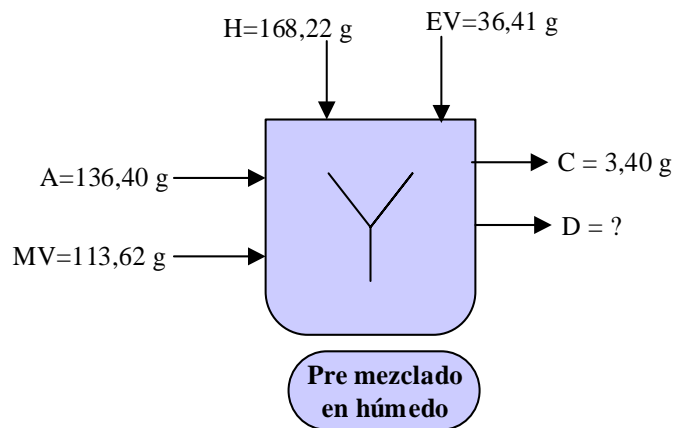
Remplazando los datos a la ecuación 4.4

$$X^{HB} = \frac{(127,3 * 0,09 + 327,3 * 0,08 + 45,4 * 0,11 + 45,4 * 0,07)g}{(4,36 + 541,04)g} = \frac{45,813}{545,76}$$

$$X^{HB} = 0,084$$

4.7.2 Balance de materia para la etapa de pre mezclado en húmedo

En la figura 4.41, se muestra un diagrama en la etapa de pre mezclado en húmedo para realizar la emulsión de azúcar, manteca, huevo y esencia que fueron utilizados en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.41: Etapa de pre mezclado en húmedo

Balance de materia general en la etapa de pre mezclado en húmedo:

$$MV + A + H + EV = C + D$$

Ecuación 4.5

Despejo D (mezcla emulsionada) de la ecuación 4.5, remplazar datos:

$$D = MV + A + H + EV - C$$

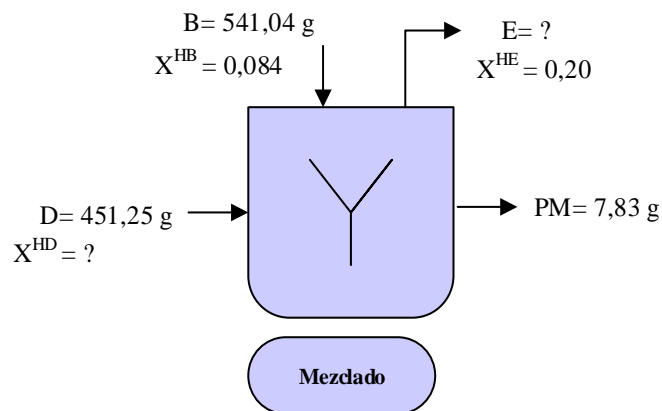
Ecuación 4.6

$$D = (113,62 + 136,40 + 168,22 + 36,41 - 3,40) g$$

$$D = 451,25 g$$

4.7.3 Balance de materia para la etapa de mezclado

En la figura 4.42, se muestra un diagrama de la etapa de mezclado de la combinación de las dos pre mezclas, utilizadas en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.42: Etapa de mezclado

Balance general de materia en la etapa de mezclado:

$$D + B = E + PM$$

Ecuación 4.7

Despejo E (masa mezclada), de la ecuación 4.7 y remplazo datos:

$$E = D + B - PM$$

Ecuación 4.8

$$E = (451,25 + 541,04 - 7,83)g$$

$$E = 984,46 g$$

Balance de materia parcial en base húmeda del proceso de moldeado:

$$D * X^{HD} + B * X^{HB} = E * X^{HE} + PM * X^{HE}$$

Ecuación 4.9

De la ecuación 4.9, despejamos contenido de humedad en moldeado X^{HD}

$$D * X^{HD} = E * X^{HE} + PM * X^{HE} - B * X^{HB}$$

$$X^{HD} = \frac{X^{HE}(E+PM) - B * X^{HB}}{D}$$

Ecuación 4.10

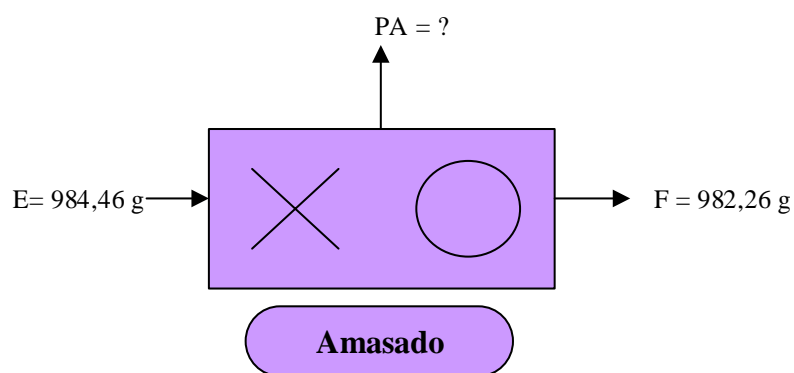
Reemplaza datos en la ecuación 4.10

$$X^{HD} = \frac{0,20 * (984,46 + 7,83)g - 541,04g * 0,084}{451,25g}$$

$$X^{HD} = 0,34$$

4.7.4 Balance de materia para la etapa de amasado

En la figura 4.43, se muestra un diagrama de la etapa de amasado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.43: Etapa de amasado

Balance general de materia en la etapa de amasado:

$$E = F + PA$$

Ecuación 4.12

Despejo PA (Perdidas en el amasado), de la ecuación 4.12, en la etapa de amasado y reemplazo datos

$$PA = E - F$$

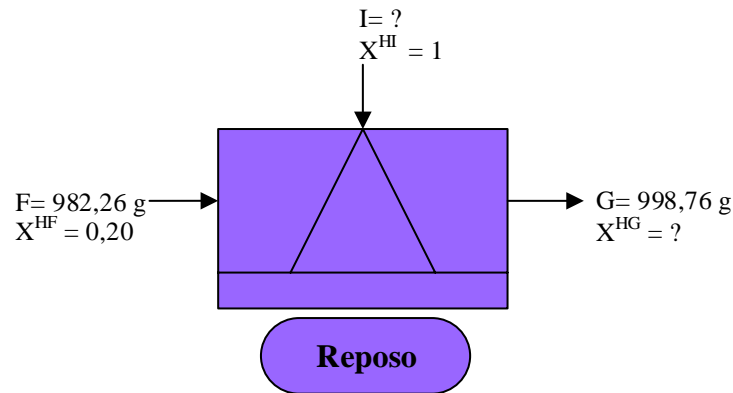
Ecuación 4.13

$$PA = (984,46 - 982,26)g$$

$$PA = 2,2 g$$

4.7.5 Balance de materia para la etapa de reposo

En la figura 4.44, se muestra un diagrama en la etapa de reposo utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.44: Etapa de reposo

Balance general de materia en la etapa de reposo:

$$F + I = G \quad \text{Ecuación 4.14}$$

Para calcular I (frio absorbido) se despeja de la ecuación 4.14, en la etapa de reposo y reemplazar datos

$$I = G - F \quad \text{Ecuación 4.15}$$

$$I = (998,76 - 982,26)g$$

$$I = 16,5 \text{ g}$$

Para calcular el X^{HG} (contenido de humedad en la masa fría) final después del reposo se tomó en cuenta el contenido de humedad de masa a la entrada, se realizó un balance por componentes

$$F * X^{HF} + I * X^{HI} = G * X^{HG} \quad \text{Ecuación 4.16}$$

De la ecuación 4.16 se despeja el contenido de humedad de la masa y se reemplazó datos

$$G * X^{HG} = F * X^{HF} + I * X^{HI}$$

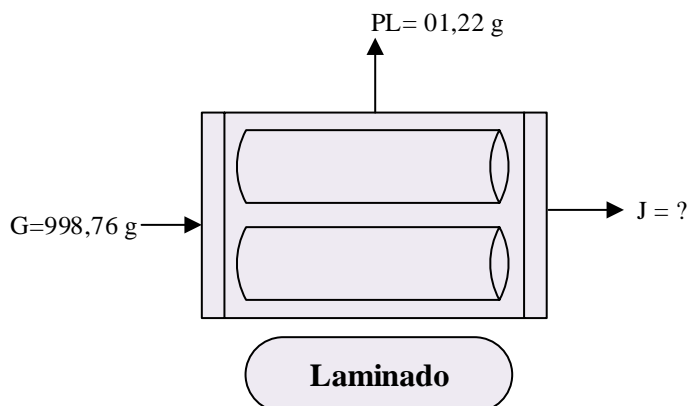
$$X^{HG} = \frac{F * X^{HF} + I * X^{HI}}{G} \quad \text{Ecuación 4.17}$$

$$X^{HG} = \frac{982,26 * 0,20 + 16,5 * 1}{998,76}$$

$$X^{HG} = 0,21$$

4.7.6 Balance de materia para la etapa de laminado

En la figura 4.45, se muestra el diagrama de la etapa de laminado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.45: Etapa de laminado

Balance general de materia en la etapa de laminado:

$$G = PL + J$$

Ecuación 4.18

Para calcular J (masa laminada) se despeja de la ecuación 4.18, en la etapa de laminado y reemplazar datos

$$J = G - PL$$

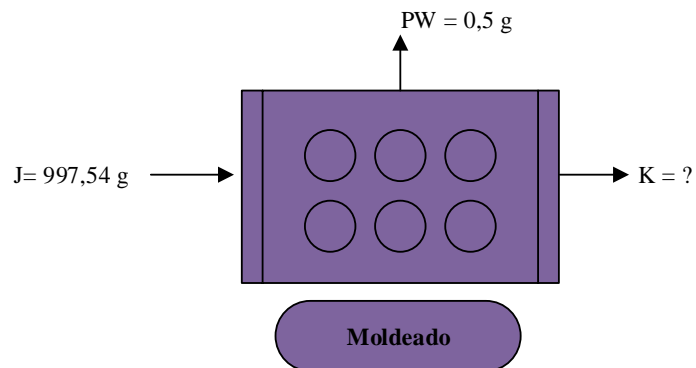
Ecuación 4.19

$$J = (998,76 - 1,22)\text{g}$$

$$J = 997,54 \text{ g}$$

4.7.7 Balance de materia para la etapa de moldeado

En la figura 4.46, se muestra un diagrama de la etapa de moldeado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.46: Etapa de moldeado

Balance general de materia en la etapa de moldeado:

$$J = PW + K \quad \text{Ecuación 4.20}$$

Para calcular K (masa moldeada) se despejo de la ecuación 4.20, en la etapa de moldeado y remplazar datos

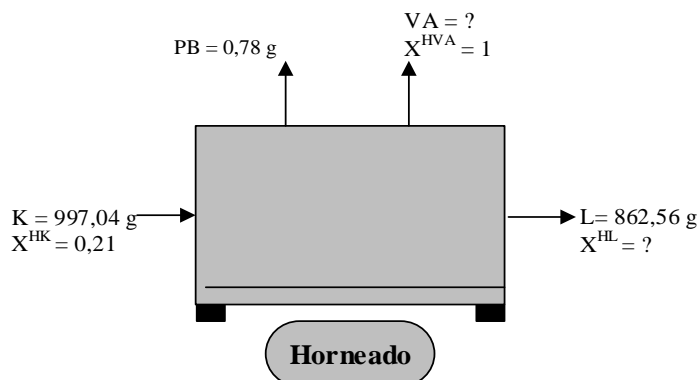
$$K = J - PW \quad \text{Ecuación 4.21}$$

$$K = (997,54 - 0,5)g$$

$$K = 997,04 g$$

4.7.8 Balance de materia para la etapa de horneado

En la figura 4.47, se muestra un diagrama de la etapa de horneado utilizadas en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.47: Etapa de horneado

Balance general de materia en la etapa de horneado:

$$K = PB + VA + L \quad \text{Ecuación 4.22}$$

Para calcular VA (Vapor de agua evaporado en el horneado) se despeja de la ecuación 4.22, en la etapa de horneado y remplazo con los datos.

$$VA = K - L - PB \quad \text{Ecuación 4.23}$$

$$VA = (997,04 - 862,56 - 0,78)g$$

$$VA = 133,7 \text{ g}$$

Balance de material parcial en base húmeda del proceso de horneado:

$$K * X^{HK} = \overset{0}{PB} * X^{HPB} + VA * X^{H2O} + L * X^{HL} \quad \text{Ecuación 4.24}$$

En el cual despejamos X^{HL} de la ecuación 4.24

$$X^{HL} = \frac{K * X^{HK} - VA * X^{HVA}}{L} \quad \text{Ecuación 4.25}$$

Remplazando los datos de la ecuación 4.25

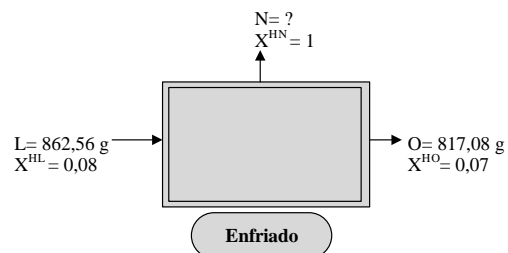
$$X^{HL} = \frac{997,04 * 0,21 - 133,7 * 1}{86,26}$$

$$X^{HL} = 0,08$$

El porcentaje de contenido de humedad en la galleta recién salida es de 8 %.

4.7.9 Balance de materia para la etapa de enfriado

En la figura 4.48, se muestra un diagrama de la etapa de enfriado utilizadas en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.48: Etapa de enfriado

Balance general de materia en la etapa de enfriado:

$$L = N + O$$

Ecuación 4.26

Para el cálculo de agua evaporada durante el enfriado de la galleta se tomó en cuenta las cantidades de salida y entrada en base a la ecuación 4.26

$$N = L - O$$

Ecuación 4.27

$$N = (862,56 - 817,08) \text{ g}$$

$$N = 45,48 \text{ g}$$

4.7.10 Balance de materia para la etapa de envasado

En la figura 4.49, se muestra un diagrama de la etapa de envasado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.49: Etapa de envasado

Balance general de materia en la etapa de envasado:

$$O + Q = R$$

Ecuación 4.28

Para el cálculo de R (galletas envasadas), se tomó en cuenta el peso de los envases

$$R = O + Q$$

$$R = (817,04 + 30,1) \text{ g}$$

$$R = 847,18 \text{ g}$$

El rendimiento del proceso (% R) de elaboración de la galleta con harina de maíz morado se calcula con la ecuación 4.29

$$\%R = \frac{\text{PESO FINAL DEL PROCESO}}{\text{PESO INICIAL DEL PROCESO}} * 100 \quad \text{Ecuación 4.29}$$

$$\%R = \frac{817,08 \text{ g}}{1000,05 \text{ g}} * 100$$

$$\%R = 81,70 \%$$

Se calculó la cantidad de galletas que se obtuvo con el peso final obtenido de galletas

1 Bolsa \longrightarrow 25 Galletas \longrightarrow 149,14 g de galletas

25 Galletas \longrightarrow 149,14 g

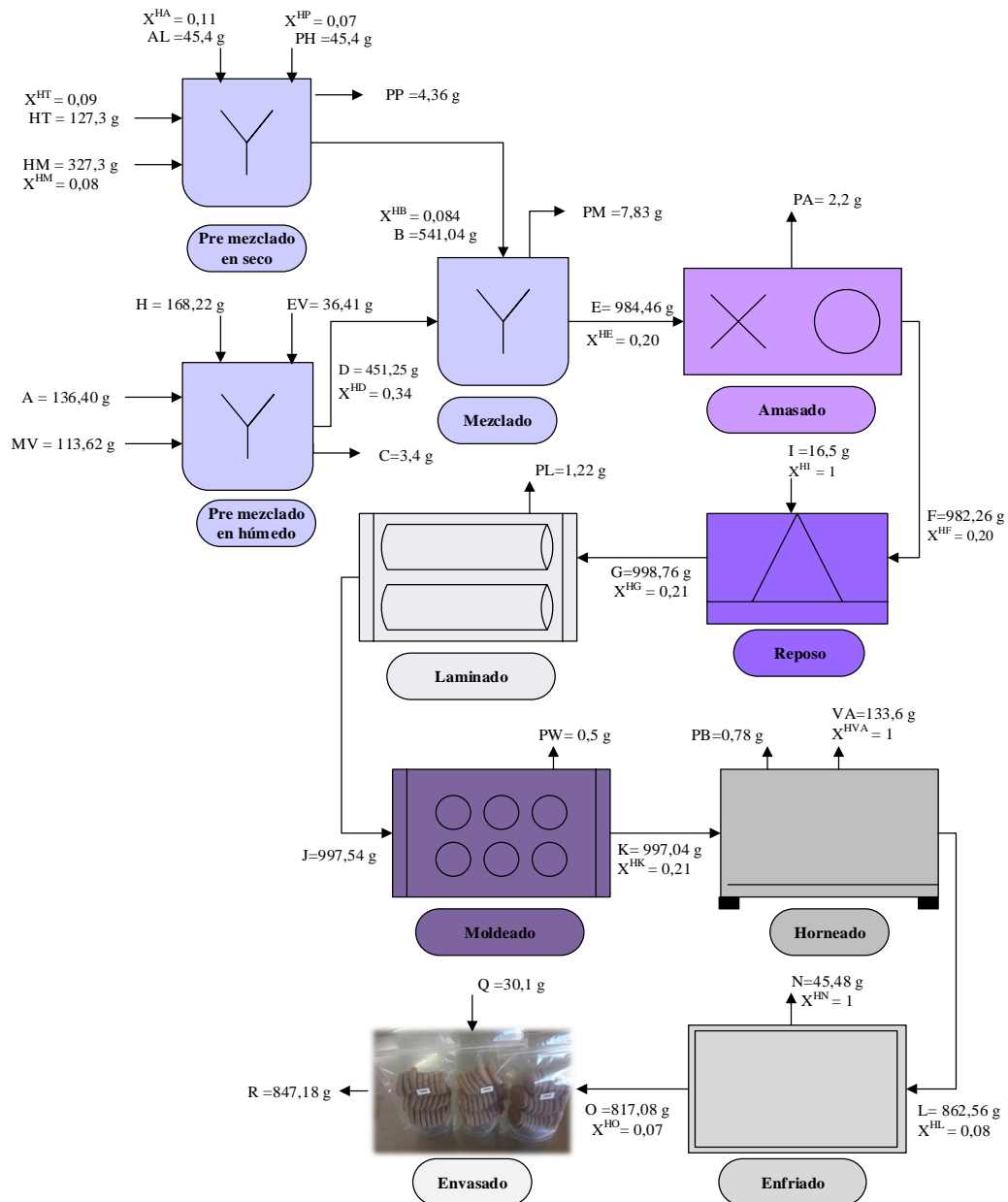
X Galletas \longrightarrow 817,08 g

$$X = \frac{25 * 817,08}{149,14}$$

$$X = 136,9 = 137 \text{ unidades de galletas}$$

4.8 Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

En la figura 4.50, se muestra el resumen de los resultados obtenidos del balance de materia general realizado para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado.

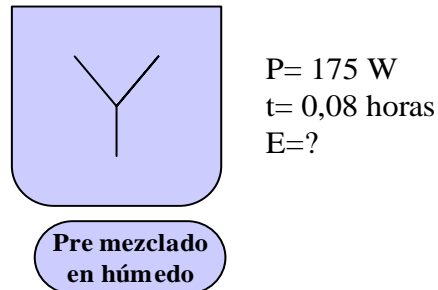


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.50: Balance general de materia para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

4.9 Balance de energía en la etapa de pre mezclado en húmedo

El balance de energía para el pre mezclado en húmedo se realizó para preparar el cremado o emulsión de las grasas para el método de preparación de galleta. En la figura 4.51, se muestra el diagrama para determinar la energía eléctrica requerida para el mezclado y pre mezclado en húmedo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.51: Pre mezclado en húmedo

Según (Rodríguez, 2016), la ecuación para determinar la energía eléctrica es la siguiente:

$$E = P * \theta$$

Ecuación 4.30

Donde:

E= Energía eléctrica (W/h)

P= Potencia (W)

θ = Tiempo (horas)

$$\text{Así mismo: } 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 1,163 \text{ W}$$

$$\text{Por tanto: } 175 \text{ W} = 150,47 \text{ Kcal/h}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.30, para hallar la energía eléctrica requerida.

$$E = 150,47 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} * 0,08 \text{ h}$$

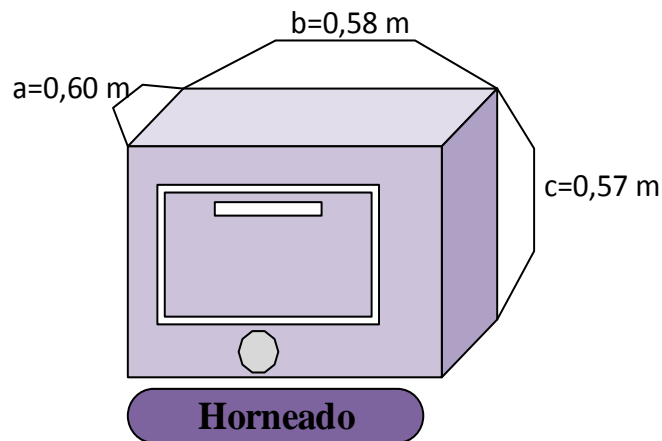
$$E = 7,52 \text{ Kcal}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida en el mezclado de los ingredientes para homogenizar la masa se llevó a cabo durante 0,08 horas (5 min) es de 7,52 kcal para 1000,05 g de masa para galleta.

4.10 Balance de energía para la etapa de horneado de la galleta

El balance de energía para el horneado se realizó para 1000,05 g de masa para galleta y para lo cual los cálculos son detallados en base a las condiciones de la ciudad de Tarija; altura de 1866 msnm y presión atmosférica de 759,81 mmHg.

Para realizar el balance de energía en el horneado de la galleta se tomó en cuenta la cantidad de calor necesario para calentar el aire dentro del horno, el calor necesario para calentar la bandeja, el calor necesario para la cocción de la masa de galleta y el calor necesario para evaporar el agua de la galleta. En la figura 4.52, se muestra el diagrama para el balance de energía del horneado de la galleta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.52: Dimensiones del horno

Para encontrar el volumen del horno en la siguiente ecuación matemática:

$$V = a * b * c$$

Ecuación 4.31

Donde:

V = volumen de aire (m³)

a = ancho del horno(m)

b = base del horno (m)

c = altura del horno (m)

4.11 Balance de energía para calentar el horno

Para determinar el calor necesario para calentar el interior del aire del horno, primero se determinó la masa de aire dentro del horno para cual se utilizó la fórmula matemática para hallar el volumen del horno (ecuación 4.31) y posteriormente del aire en la masa en base a la fórmula para determinar la densidad (ecuación 4.32).

Remplazando datos en la ecuación 4.27, para hallar el volumen del horno

$$V = (0,60 * 0,58 * 0,57)m^3$$

$$V = 0,20 m^3$$

Para determinar la masa de aire dentro del horno se utilizó la fórmula de densidad en base a la ecuación 4.32

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación 4.32}$$

Donde

$$\rho = \text{densidad del aire} \left(1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \text{ (Lewis, 1993)}$$

m = masa del aire (kg)

V = volumen del aire (m³)

Despejando m_{aire} y remplazando en la ecuación 4.33

$$m_{\text{aire}} = \rho * V \quad \text{Ecuación 4.33}$$

$$\text{Entonces } m_{\text{aire}} = 1,2 \text{ kg/ m}^3 * 0,20 \text{ m}^3 \quad m_{\text{aire}} = 0,24 \text{ kg}$$

Habiéndose hallado la masa del aire dentro del horno, en base a la ecuación 4.34, según (Lewis, 1993), se determinó el calor necesario para calentar el aire dentro del horno que inicia a temperatura de 20 °C y alcanza una temperatura final de 170 °C.

$$Q_{\text{aire}} = m_{\text{aire}} * C_{p\text{aire}} * \Delta T \quad \text{Ecuación 4.34}$$

Donde:

Q_{aire} = calor necesario para calentar el aire dentro del horno (kcal)

m_{aire} = masa del aire (0,24 kg)

$C_{p_{\text{aire}}}$ = capacidad calorífica del aire (0,24 kcal/ kg °C)

$\Delta T = (T_F - T_i)$ Variación de temperatura en el horno (170 - 20)°C

Remplazando datos en la ecuación 4.34:

$$Q_{\text{aire}} = 0,24 \text{ kg} * 0,24 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} * (170 - 20)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{aire}} = 8,64 \text{ kcal}$$

4.12 Balance de energía para calentar la bandeja de las galletas

Se tomó en cuenta el calor requerido para calentar la bandeja, en el cual se utilizó la ecuación 4.35

$$Q_B = m_B * C_{p_B} * (T_f - T_i)$$

Ecuación 4.35**Donde:**

Q_B = calor necesario para calentar el molde para galleta

M_B = masa de bandeja para la galleta (1,130 kg)

C_{p_B} = calor específico de la bandeja (0,095 kcal/ kg °C)

$\Delta T = (T_F - T_i)$ Variación de temperatura en el horno (170 - 20) °C

Remplazando datos a la ecuación 4.35:

$$Q_B = 1,130 \text{ Kg} * 0,095 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} * (170 - 20)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_B = 16,1025 \text{ Kcal}$$

4.13 Balance de energía para la cocción de la masa de galletas

Para determinar el calor necesario para la cocción de la masa de galleta, primero se determinó el $C_{p_{\text{galleta}}}$ en base a la ecuación 4.36:

$$C_{p_{\text{galleta}}} = m_a * C_a + m_c * C_c + m_p * C_p + m_g * C_g + m_z * C_z \quad \text{Ecuación 4.36}$$

Dónde:

m_a, m_c, m_p, m_g, m_z = fracción de masa de los componentes

C_a, C_c, C_p, C_g, C_z = calor específico de los componentes

Para el valor de los calores específicos de cada componente alimentario se tomó en cuenta la tabla 4.40 (Lewis. 1993):

Tabla 4.40*Calores específicos de componentes alimentarios*

Componente	Calor específico (Kcal/ kg °C)
Ca	0,9990451
Cc	0,3346084
Cp	0,3824096
Cg	0,4063102
Cz	0,1912048

Fuente: Lewis ,1993

Para el valor de fracciones de la masa de cada componente, se tomó en cuenta los resultados de la galleta con harina de maíz morado obtenidos según (CEANID, 2022) (Anexo B), y en base a estos se convirtió a fracción obteniéndose:

$m_a = 0,0702$ (fracción de masa del componente agua)

$m_c = 0,6748$ (fracción de masa del componente carbohidratos)

$m_p = 0,0617$ (fracción de masa del componente proteína)

$m_g = 0,161$ (fracción de masa del componente graso)

$m_z = 0,0286$ (fracción de masa del componente ceniza)

Habiéndose obtenido los datos de fracciones de masa y datos C_p se remplazaron en la ecuación 4.36 para hallar el C_p de la masa de la galleta

$$C_{p_{\text{galleta}}} = 0,0702 * 0,99904551 + 0,6748 * 0,3346084 + 0,0617 * 0,3824096 + 0,161 * 0,4063102 + 0,0286 * 0,1912048$$

$$C_{p_{\text{galleta}}} = 0,39 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

Habiéndose determinado el C_p de la galleta se determinó el calor necesario para la cocción de la masa en base a la ecuación 4.37

$$Q_{\text{galleta}} = m_{\text{galleta}} * C_{p_{\text{galleta}}} * \Delta T + m_{\text{agua evap}} * \lambda \quad \text{Ecuación 4.37}$$

Donde:

Q_{galleta} = calor necesario para la cocción de la masa de galleta (kcal)

m_{galleta} = masa de la galleta (0,97 kg)

$C_{p_{\text{galleta}}}$ = calor específico de la galleta (0,39 kcal/ kg °C)

$M_{\text{agua evap}}$ = masa de agua evaporada (0,13336 kg)

Λ = landa de evaporización del agua (538,86 kcal/kg) (Perry, 1991)

T_f = temperatura final (170°C)

T_i = temperatura inicial (20°C)

Remplazando datos en la ecuación 4.37:

$$Q_{\text{galleta}} = 0,970 \text{ kg} * 0,39 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} * (170 - 20)^{\circ}\text{C} + 0,1336 \text{ kg} * 538,86 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_{\text{galleta}} = 128,74 \text{ Kcal}$$

4.14 Balance de energía para evaporar el agua de la masa de galleta

Para determinar el calor necesario para evaporar el agua de la masa de galleta, se utilizó la ecuación 4.38:

$$Q_{\text{agua evap}} = m_G * X_G * \lambda \quad \text{Ecuación 4.38}$$

Se remplazó datos en la ecuación 4.34:

$$Q_{\text{agua evap}} = 0,970 \text{ Kg} * 0,20 * 538,86 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$Q_{\text{agua evap}} = 104,54 \text{ Kcal}$$

4.15 Balance de energía para determinar la cantidad de calor total necesario para elaborar la de galleta con harina de maíz morado

Para determinar la cantidad total de calor necesario para llevar a cabo los procesos de mezclado y horneado de la masa de galleta, se utilizó la ecuación simplificada 4.39, (Valiente, 1986):

$$Q_T = \sum Q_i \quad \text{Ecuación 4.39}$$

Donde

Q_T = calor total necesario para llevar a cabo el proceso

$\sum Q_i$ = suma de calores involucrados

Remplazando datos en la ecuación 4.39:

$$Q_T = Q_B + Q_{\text{aire}} + Q_{\text{agua evap}} + Q_G \quad \text{Ecuación 4.40}$$

$$Q_T = (16,1025 + 8,64 + 104,54 + 128,74) \text{ kcal}$$

$$Q_T = 258,02 \text{ Kcal}$$

La energía eléctrica necesitada fue de 7,52 Kcal y la cantidad de calor necesario para el proceso de horneado fue 258,02 Kcal.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Según el análisis fisicoquímico realizado a la harina de trigo muestra que contiene: fibra 1,09 %, ceniza 0,34 %, materia grasa 1,60 %, hidratos de carbono 77,69 %, humedad 9,36 %, proteína total ($N \times 5,70$) 9,92 %, valor energético 364,84 Kcal/100 g y gluten húmedo 26,16 %. En tanto el análisis microbiológico de la harina de trigo que presento: Coliformes totales $3,3 \times 10^2$ UFC/g, Mohos y Levadura $3,8 \times 10^2$ UFC/g.

- Según el análisis fisicoquímico realizado a la harina de maíz morado muestra que contiene: fibra 0,52 %, materia grasa 5,84 %, hidratos de carbono 76,40 %, ceniza 1,48 %, humedad 8,74 %, proteína total ($N \times 6,38$) 7,02 % y valor energético 386,24 Kcal/100g, gluten húmedo (n.d.), calcio 7,1 mg/100g, fósforo 100,3 mg/100g. En tanto análisis microbiológico de la harina de maíz morado que presento: Coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, Mohos y Levadura $2,8 \times 10^2$ UFC/g.

- Realizado la evaluación sensorial de las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado a la galleta con harina de trigo indica que las muestras con mayor preferencia de los jueces son (G12 - G15) en los atributos color, sabor, sabor residual, textura. Así mismo, se tomó en cuenta la muestra G12, debido a que presenta diferencia significancia para el atributo de sabor para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

- Aplicando el diseño experimental 2^3 en la etapa de dosificación para elaboración galleta, se puede establecer que para los factores de variación: (A) harina de maíz morado, (B) manteca vegetal y (C) almidón, existe evidencia estadística significativa debido que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada.

- Realizado el diseño experimental 2^2 en la etapa de horneado, se pudo concluir que las interacciones de los factores (temperatura - tiempo) son estadísticamente significativos para un nivel de confianza de $\alpha = 0,05$, ya que el $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada.
- Realizado un control de pH, contenido de humedad y acidez (ácido láctico) en el producto final durante el almacenamiento indica que en función del tiempo la muestra con conservante (H04C) presento mejor estabilidad y menor variación. El contenido de humedad que presento (6,77 - 7,38) %, así mismo para el pH de la galleta presento una variación (7,14 - 6,96). Mientras que el contenido de acidez (ácido láctico) presento un valor entre (0,06 - 0,05) %.
- Según el análisis fisicoquímico en el producto final presento: fibra 0,37 %, ceniza 2,86 %, materia grasa 16,10 %, hidratos de carbono 67,48 %, humedad 7,02 %, proteína total 6,17 %, valor energético 439,5 Kcal/100 g, acidez 0,05 %, gluten húmedo (n.d.), calcio 324,0 mg/100g y fósforo 280,0 mg/100g. En tanto el análisis microbiológico de la galleta con harina de maíz morado que presento: Coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, Mohos y Levadura $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g.
- Realizado el balance de materia se evidenció que a partir de 1000,05 g de masa de galleta se obtiene 817,08 g (81,70 % rendimiento del proceso) de galleta con harina de maíz morado donde se pudo obtener 137 unidades de galletas con un peso aproximado de 5,75 g. Así mismo, la cantidad de energía eléctrica que se utilizó en el pre mezclado humeado fue 7,52 Kcal y la cantidad de calor total que se llevó a cabo para el proceso de horneado fue 258,02 Kcal.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios para determinar el contenido de antocianinas que puede contener la galleta con harina de maíz morado con el fin de comprobar la presencia de las propiedades antioxidantes en la galleta.
- Se recomienda realizar más productos con calidad nutricional que disminuyan la cantidad de harina refinadas (harina de trigo) que a lo largo causan daño a la salud, replazándola con harina alternativas (amaranto, quinua, etc.) que van saliendo al mercado.
- Se recomienda mejorar la producción de galletas en la ciudad de Tarija, elaborando galletas a base de otras harinas, como pueden ser de tubérculos u otros cereales (harina de oca, harina de remolacha, harina de quinua, etc.) con el fin de brindar a la población una gran variedad de galletas con calidad nutricional para consumo diario.