

CAPITULO I

1.1 Antecedentes

Según Quispe (2014), los estudios determinaron que las galletas tienen un lugar muy destacado en las preferencias alimenticias de los bolivianos. En 2013, el consumo per cápita anual de galletas de Bolivia llegó a 5 kilos, cifra que está por encima del promedio en América Latina. Hay una gran inclinación de los clientes tanto (por las galletas) dulces como por las saladas, que se disfrutan principalmente en el desayuno, las meriendas y otras comidas de forma complementaria. Entre las galletas dulces con gran predilección por los bolivianos están las wafer y las galletas rellenas.

En el país el consumo percapita de harina de trigo es de 53 kilogramos y se tiene una demanda de 700 mil toneladas anuales, pero la producción local no llega a cubrir ni el 30 por ciento, según datos de la Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo. Además, según datos del Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE). Manzaneda, (2019).

Según el “Ministerio de Desarrollo Productivo y Económico”. En el año 2013 el consumo per cápita de harina (de trigo) en Bolivia, es de 69 kg, un consumo promedio en la región, considerando que la Argentina consume 93,6 Kg por habitante.

Según Iturri (2023), la banana o plátano es una fruta tropical procedente de la planta herbácea del mismo nombre, perteneciente a la familia de las musáceas. Entre sus amplias bondades, se destaca al plátano como una fuente de nutrientes esenciales, como vitamina B6, potasio y fibra dietética, siendo materia prima para formular alimentos terapéuticos destinados a combatir la desnutrición. las estadísticas confirman que Cochabamba es el referente nacional. Si bien el cultivo del banano se extiende en los departamentos de La Paz (Palos Blancos, Caranavi), Tarija, Santa Cruz, Beni, Pando, es el trópico de Cochabamba, el principal productor y exportador de banano.

Según Gaviria (2022), la harina de plátano verde surge como una alternativa de aprovechamiento para esta industria agrícola, convirtiéndose en la fórmula ideal para reemplazar otros ingredientes como la harina de trigo en recetas tradicionales como el pan y demás alimentos cotidianos. De ahí que se pueda utilizar para la preparación de malteadas, galletas crudiveganas mezcladas con otras frutas y frutos secos, en sopas, cremas o purés, incluso, en masas deshidratadas para hacer pizzas, tortas o pastas.

El “proyecto lanzamiento de una empresa comunitaria dirigida por mujeres” ha empezado a desarrollar la obtención de harina de banano a partir del remanente de frutas que no califican para la comercialización en fresco. La iniciativa de transformar el banano en harina tiene el objetivo de aprovechar los recursos locales, con la elaboración de la harina de banano se pretende ofrecer una harina muy nutritiva con un alto contenido de vitaminas y nutrientes, hidratos de carbono y minerales, además, de ser una harina libre de gluten para las personas que tienen intolerancia al gluten y de la enfermedad celiaca. FUNDACIONRENACE, (2014).

Según Larrea (2017), un reciente reporte del Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA)-Norte sugiere que podrían existir cerca de 3,7 millones de árboles de castaña, sumando todo el departamento de Pando y el norte de Beni. Esta estimación no toma en cuenta el norte de La Paz (Ixiamas), El conocimiento que tenemos sobre la castaña está relacionado con aspectos sobre su densidad, producción inicial, ubicación geográfica, tamaño de árboles y otros. No se ha priorizado el seguimiento sistemático y estandarizado de la producción anual de cada árbol. De acuerdo con el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), entre 2005 y 2016, el país exportó en total cerca de 273000 toneladas de castaña sin cáscara.

1.2 Justificación

- El presente trabajo de investigación tiene el propósito de elaborar galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra, como una opción en el consumo de galletas dulces para la provincia de Cercado del departamento de Tarija-Bolivia.
- Debido a que en el mercado local no existe galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra, se quiere incorporar estas galletas dulces, con esta formulación específica de harinas en la provincia de Cercado del departamento de Tarija-Bolivia.

1.3 Objetivo general

Elaborar galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra, mediante la aplicación de tecnología de cereales, con el propósito de obtener un producto nutritivo de calidad para la provincia de Cercado del departamento de Tarija-Bolivia.

1.3.1 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las harinas plátano verde y almendra con el fin de conocer la composición.
- Realizar la evaluación sensorial en las pruebas preliminares de las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra para obtener la muestra ideal.
- Aplicar el diseño factorial 2^3 en la etapa de la dosificación para obtener el pH, la acidez y el contenido de humedad en la galleta dulce
- Realizar la evaluación sensorial a las muestras experimentales e ideal con el fin de obtener la galleta dulce.

- Aplicar el diseño factorial 2^2 en la etapa del horneado para establecer una temperatura y tiempo de cocción de las galletas dulces.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra.

1.4 Planteamiento de problema

En la provincia Cercado del departamento de Tarija, tanto en panaderías, mercados, etc. No existen galletas dulces elaboradas con harinas de plátano verde y de almendra. En este contexto, se desea aprovechar estas harinas, por el alto contenido nutritivo que tienen, las cuales son ricas en proteína, calcio, potasio, vitaminas A, B y E.

Mediante la aplicación de la tecnología de cereales que permite realizar las mezclas de harinas, para elaborar un producto nutritivo, como es la elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y de almendra, ya que en nuestro medio no hay ninguna empresa o emprendimiento que elabore este tipo de galletas dulces con este tipo de formulación.

1.5 Formulación del problema

¿Cuál será el proceso de tecnología de cereales a ser aplicado para elaborar galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra, con el fin de obtener un producto nutritivo de calidad para la provincia Cercado del departamento de Tarija-Bolivia?

1.6 Objetivo de estudio

Elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

1.7 Campo de acción

- **Temporal:** El presente trabajo de investigación se realizó en la gestión 2024 – 2025
- **Espacial:** Se desarrolló el trabajo de investigación en la Carrera de Ingeniería de Alimentos
- **Institucional:** El trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA) y Laboratorio del Taller de Alimentos (LTA) de la Carrera de Ingeniería de Alimentos perteneciente a la Facultad de Ciencias y tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” (UAJMS)

1.8 Planteamiento de la hipótesis

La tecnología de cereales a ser aplicada en la elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra permitirá obtener un producto nutritivo de calidad para la provincia Cercado del departamento de Tarija-Bolivia.

CAPITULO II

2.1 Origen de la galleta dulce

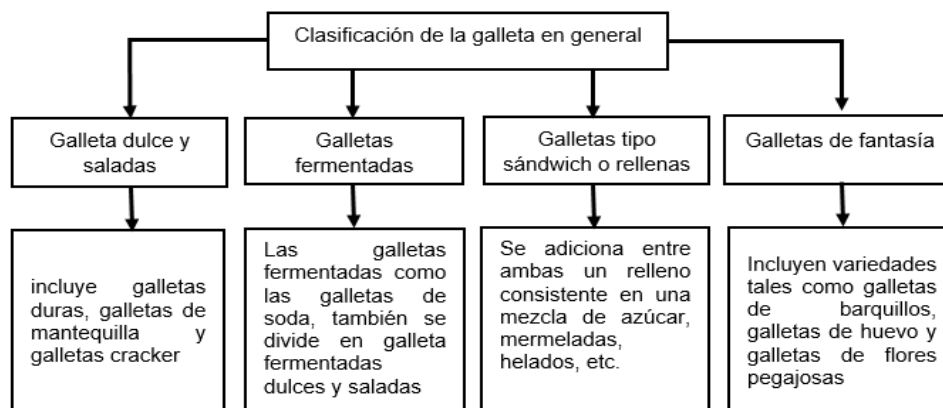
Según Mundisa (2021), su origen es tan antiguo que es difícil determinar quién las inventó: lo que sí se sabe es que las consumían diferentes civilizaciones. Una de ellas fue el Antiguo Imperio Persa en el año 500 a.c. Pero dado que las galletas están hechas de cereales, hubo que esperar al siglo VII a.c. Para que los persas se encargaran de endulzar y perfeccionar la masa de harina y manteca que constituyeron las primeras galletas.

2.2 Definición de la galleta dulce

Se entiende por “galletas” a los productos alimenticios elaborados, fundamentalmente por una mezcla de harinas, grasas comestibles y agua, adicionada o no de azúcares u otro tipo de edulcorante y otros productos alimenticios o alimentarios (aditivos, aromas, condimentos, especias, etc.), sometida a proceso de amasado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua. Boe, (2013).

2.3 Clasificación de las galletas en general

En la Figura 2.1 se muestra la clasificación de las galletas en general.

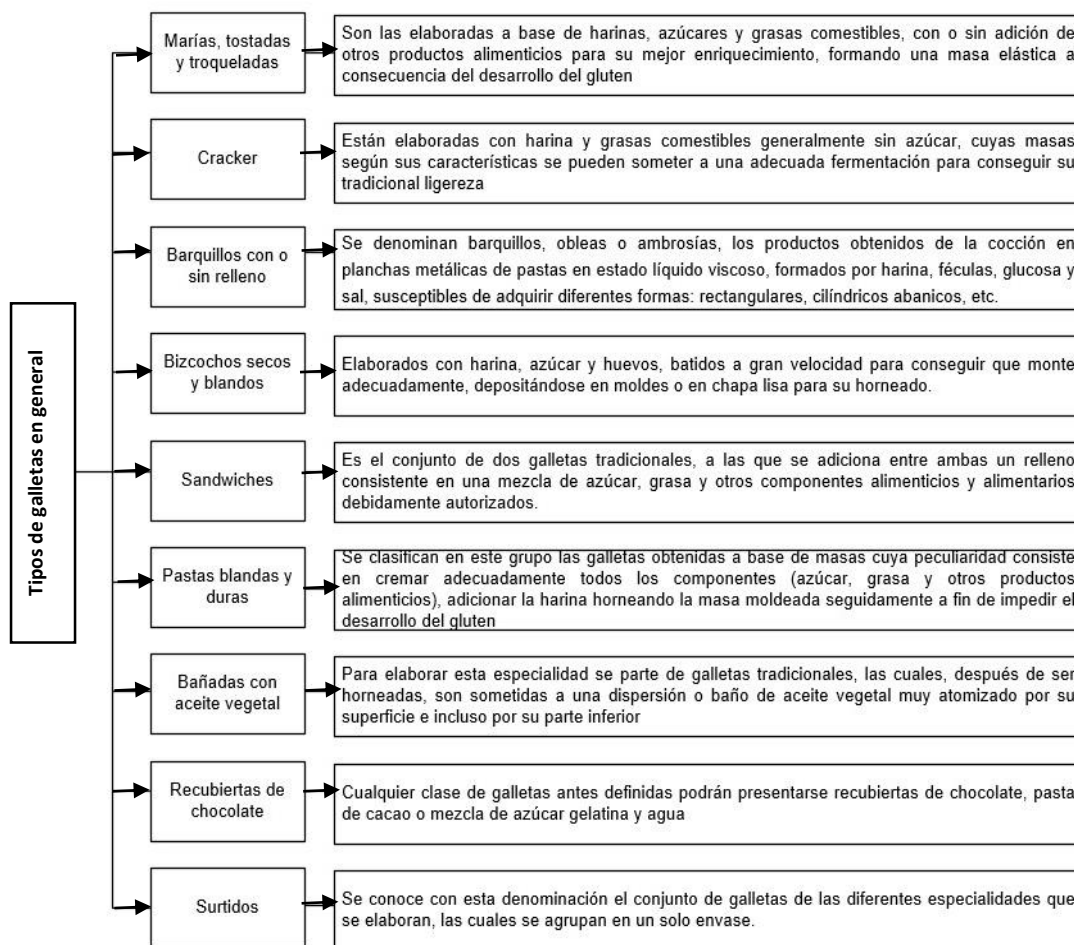


Fuente: Foodmachineryint, (2021)

Figura 2.1: Clasificación de las galletas en general

2.3.1 Tipos de galletas de forma general

En la Figura 2.2 se muestran los tipos de galletas en general.



Fuente: Boe, (2013)

Figura 2.2: Tipos de galletas en general

2.4 Composición fisicoquímica de la galleta dulce

Según Zumbado (2004), el análisis fisicoquímico brinda poderosas herramientas que permiten caracterizar un alimento desde el punto de vista nutricional y toxicológico. Esto implica la caracterización de los alimentos desde el punto de vista físico-químico, haciendo énfasis en la determinación de su composición química, es decir, cuales sustancias están presentes en un alimento (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, hidratos de carbono, etc.) y en qué cantidades estos compuestos se encuentran.

En la Tabla 2.1 se presentan los resultados de la composición proximal de la galleta dulce.

Tabla 2.1

Composición fisicoquímica de la galleta dulce

Parámetros	Unidad	Resultado
Humedad	%	0,41
Cenizas	%	1,56
Proteína	%	8,15
Grasa	%	9,42
Calorías	Kcal/100g	439,22
Fibra total	%	9,07

Fuente: Román (2006)

2.4.1 Propiedades nutricionales de la galleta dulce

En la Tabla 2.2 se ve la composición nutricional de la galleta dulce por cada 100 g.

Tabla 2.2

Composición nutricional de la galleta dulce

Componentes	Unidad	valores
Calcio	mg	95
Cobre	mg	0,1
Hierro	mg	3,8
Magnesio	mg	18
Manganeso	mg	0,6
Fósforo	mg	258
Potasio	mg	111
Selenio	mg	0,1
Zinc	mg	0,6
Vitamina A	mg	0,0
Vitamina B1	mg	0,4
Vitamina B2	mg	0,2
Vitamina B6	mg	0,1
Vitamina B11	mg	0,1
Vitamina B12	mg	0,0
Vitamina C	mg	0,0
Vitamina D	mg	0,0
Vitamina E	mg	3,6
Vitamina K	mg	0,1

Fuente: Yazio (2024)

2.5 Aplicaciones de las galletas dulces en la dieta alimentaria

Las galletas son una fuente energética de gran valor para el organismo debido a su rica composición en hidratos de carbono, proteínas y grasas. Estos nutrientes provenientes del cereal, su principal materia prima, son compuestos que el organismo necesita para disponer de energía física y fortaleza mental. Las galletas son una solución para ingerir carbohidratos de manera saludable. Sus ingredientes básicos son azúcar, agua, grasa (o mantequilla) y, sobre todo, harina, que aporta almidones imprescindibles para el desarrollo físico y de los procesos de aprendizaje y memoria, además de minerales como hierro y calcio. Además, su contenido en fibra ayuda a un mejor funcionamiento intestinal. En contraposición, su promedio de grasa es bajo e incluye poca del tipo saturado, la cual se relaciona con obesidad y aumento de colesterol. Márquez, (2016).

2.6 Características de las harinas de plátano verde y almendras para la elaboración de galletas dulces

Las materias primas que se utilizaron en la elaboración de galletas dulces son las siguientes:

2.6.1 Harina de plátano verde

Según Pinero (2023). El plátano proviene de una planta herbácea de la familia **Musaceae**, al que el doctor Guzmán llamó **Musa paradisiaca** porque la identifica como uno de los árboles del jardín del Edén. Este producto se ha clasificado como natural por ser muy poco procesado en la industria. Recientemente se divulgó que la harina de plátano verde se obtiene a través del deshidratado y la molienda de plátanos machos sin la cáscara. Es un producto blanco parduzco, de sabor neutro, que se humedece de manera rápida y es de fácil digestión. La profesora Vania Soto analizó los macronutrientes de la harina de plátano verde. La deshidratación aumentó la

concentración de los nutrientes, a excepción de la vitamina C. Se obtuvo un mayor contenido de almidón y de fibra por cada 100 gramos del producto.

2.6.1.1 Composición fisicoquímica de la harina de plátano verde

En la Tabla 2.3, se muestra la composición fisicoquímica de la harina de plátano verde por cada 100 g.

Tabla 2.3

Composición fisicoquímica de la harina de plátano verde		
Componentes	Unidad	Valores
Energía	Kcal	377
Carbohidratos	g	80
Proteínas	g	3,0
Grasas	g	0,6
Cenizas	-----	-----

Fuente: Moresco, (2019)

2.6.1.2 Propiedades nutricionales de la harina de plátano verde

En la Tabla 2.4, se muestra las propiedades nutricionales de la harina de plátano verde por cada 100 g.

Tabla 2.4

Propiedades nutricionales de la harina de plátano verde		
Componentes	Unidad	Valores
Calcio	mg	7,0
Fósforo	mg	18
Hierro	mg	0,0
Vitamina A	mcg	0,0
Tiamina	mg	0,07
Riboflavina	mg	0,06
Niacina	mg	1,20
Ácido ascórbico	mg	0,0

Fuente: Moresco, (2019)

2.6.1.3 Aplicaciones de la harina de plátano verde en la elaboración de diferentes productos

Según Pinero (2023), En un proyecto de investigación se elaboró pan y pasta fresca con la harina de plátano verde. También se usa para hacer galletas, panqueques, pizzas, tortas, bizcochos, magdalenas y la tradicional papilla para niños y personas mayores

2.6.2 Harina de almendra

Según Leal (2023), la harina de almendra es un alimento que se caracteriza por ser bajo en carbohidratos y rico en proteínas, fibras, vitaminas y minerales, por lo que aporta diversos beneficios para la salud,

2.6.2.1 Composición fisicoquímica de la harina de almendra

En la Tabla 2.5, se muestra la composición fisicoquímica de la harina de almendra por cada 100 g.

Tabla 2.5

Composición fisicoquímica de la harina de almendra		
Componentes	unidad	Valores
Energía	Calorias	622,00
Proteína	g	26,20
Grasas	g	50,20
Carbohidratos	g	16,20
Fibras	g	9,30

Fuente: (Leal, 2023)

2.6.2.2 Propiedades nutricionales de la harina de almendra

En la Tabla 2.6, se muestra las propiedades nutricionales de la harina de almendra por cada 100 g.

Tabla 2.6

Propiedades nutricionales de la harina de almendra		
Componentes	Unidad	Valores
Calcio	mg	232,00
Hierro	mg	2,22
Magnesio	mg	251,00
Fósforo	mg	512,00
Zinc	mg	2,80
Potasio	mg	667
Vitamina E	mg	16,00
Vitamina B1	mg	0,112
Vitamina B2	mg	0,748

Fuente: Leal (2023)

2.6.2.3 Aplicaciones de la harina de almendra en la elaboración de diferentes productos

Según Nutandme (2024), la harina de almendra es una alternativa saludable y versátil a la harina de trigo.

2.6.3 Caracterización de los insumos para la elaboración de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra

Los insumos que se usaron para la elaboración de galletas dulces son los siguientes:

2.6.3.1 Manteca vegetal

La manteca vegetal agrega una textura suave y cremosa a tus preparaciones, lo que la convierte en un ingrediente ideal para la repostería. Además, es neutra en sabor, lo que significa que no alterará el sabor original de tus recetas y se adaptará a una amplia variedad de platos Molinos modernos (2023).

2.6.3.2 Huevo de gallina

Según Soco (2020), es un alimento con un alto valor nutricional. Los huevos tienen un papel muy importante cuando se trata de preparar pasteles, galletas, merengues y cremas pasteleras.

2.6.3.3 Azúcar blanca refinada

El azúcar es un edulcorante hecho principalmente de sacarosa. Es un ingrediente básico aplicado en repostería y pastelería, ya que cumple tres funciones básicas en las masas batidas, nos ayuda a aportar sabor, color y textura a nuestros productos y elaboraciones. Nos ayuda también a ablandar las masas, ya que cuando se disuelve y absorbe agua inhibe el desarrollo del gluten cosa que hace que la masa quede blanda y no dura. García (2021).

2.6.3.4 Esencia de vainilla

La vainilla es un líquido concentrado que se utiliza para dar sabor y aroma a alimentos y bebidas se ha convertido en un ingrediente indispensable en la repostería, heladería y bollería. En el mercado la encontrarás a la venta en diferentes formatos (líquida, en polvo, al natural o en esencia). Penelo (2024).

2.7 Factores que afectan en el proceso de elaboración de galletas dulces

Según Iqus (2020), la calidad depende de la conformación de los ingredientes, de una formulación balanceada y sobre todo el aseguramiento de las condiciones del proceso. Cualquier desviación en los estándares establecidos se tendrá como consecuencia una falla en la calidad del producto. Entonces las causas principalmente de las fallas o problemas los vamos a encontrar en desviaciones de estos elementos como se observa en la

3.1 Desarrollo de la parte experimental

El presente trabajo experimental de elaboración de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra se realizó en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA) y Taller de Alimentos (LTA) pertenecientes a la Carrera de Ingeniería de Alimentos perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” (U.A.J.M.S.).

CAPITULO III

3.2 Tipo de intervención experimental

El presente trabajo de elaboración de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra, se utilizó la metodología experimental con el fin de desarrollar un producto, tomando en cuenta los siguientes análisis:

- Análisis fisicoquímico y microbiológico de las harinas de plátano verde y almendra
- Análisis de diseño factorial de 2^3 en la dosificación de las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra
- Análisis de diseño factorial de 2^2 en la etapa de horneado de las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra
- Análisis fisicoquímico y microbiológico de las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra
- Operacionalización de las variables en el proceso de la elaboración de las galletas dulces con harina de plátano verde y almendra

3.3 Paradigma positivista

Según Armijos (2024), el paradigma positivista es un enfoque filosófico y epistemológico que influye en la investigación científica y a menudo se asocia con la investigación cuantitativa, se basa en la idea de que el conocimiento se puede adquirir mediante la observación objetiva y la medición de los fenómenos del mundo natural y social. Sin embargo, Herrera (2024), dice que el paradigma positivista, también conocido como paradigma cuantitativo, empírico-analítico o racionalista, tiene como objetivo principal explicar, predecir y controlar los fenómenos mediante la verificación de teorías y leyes.

3.4 Enfoque de la investigación

Según Monje (2017), se realiza mediante la recolección de información cuantitativa orientada por conceptos empírico medible, derivados de los conceptos teóricos con los que construyen las hipótesis conceptuales. El análisis de la información recolectada tiene por fin determinar el grado de significación de las relaciones previstas entre las variables, Asimismo, Vásquez (2024), dice que el nivel de conocimiento científico (observación, descripción, explicación) al que espera llegar el investigador, se debe formular el tipo de estudio, es decir de acuerdo al tipo de información que espera obtener, así como el nivel de análisis que deberá realizar. También se tendrán en cuenta los objetivos y las hipótesis planteadas con anterioridad.

3.5 Método, técnicas e instrumentos

Según Arias (2012), dice que el método científico es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis. Sin embargo, Ñaupas (2014), dice que las técnicas e instrumentos de investigación se refieren a los procedimientos y herramientas mediante los cuales vamos a recoger los datos e informaciones necesarias para probar o contrastar nuestras hipótesis de investigación.

3.5.1 Análisis fisicoquímico y microbiológico de las harinas de plátano verde y almendra

En la Figura 3.1 se muestran los métodos y técnicas que se utilizaron para el análisis fisicoquímico y microbiológico de la harina de plátano verde y harina de almendra que se realizó en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Micronutrientes	Análisis fisicoquímico			Análisis microbiológico
Espectrometría	Gravimétrico	Volumétrico	Cálculo	Recuento de placas
Fósforo	Fibra	Proteína	Hidratos de carbono	Coliformes totales
mg/kg	Digestión acida	ISO-8968-1	Calculo %	NB-32005
Calcio	Grasa		Valor energético	Levadura y mohos
mg/kg	NB-313019		Calculo kcal/100g	NB-32006
Potasio	Ceniza			
mg/kg	NB-2312			
Hierro	humedad			
mg/kg	NB-367			

■ Método

■ Técnica

Fuente: (CEANID, 2024)

Figura 3.1: Métodos y técnicas para el análisis de harinas de plátano verde y almendra

3.5.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico de las galletas dulces con harina de plátano verde y de almendra

En la Figura 3.2 se muestra los métodos y técnicas que se utilizaron para los análisis fisicoquímicos, microbiológicos en las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra que se realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID),

Micronutrientes	Análisis fisicoquímico			Análisis microbiológico
Espectrometría	Gravimétrico	Volumétrico	Cálculo	Recuento de placas
Fósforo	Fibra	Proteína	Hidratos de carbono	Coliformes totales
mg/kg	Digestión acida	ISO-8968-1	Calculo %	NB-32005
Calcio	Grasa		Valor energético	Levadura y mohos
mg/kg	NB-313019		Calculo kcal/100g	NB-32006
	Ceniza			
	NB-2312			
	humedad			
	NB-367			

■ Método

■ Técnica

Fuente: (CEANID, 2024)

Figura 3.2: Métodos y técnicas en las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

3.6 Equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios

Los equipos e instrumentos de laboratorio que se utilizaron en el presente trabajo de investigación se detallan a continuación:

3.6.1 Equipos utilizados en la elaboración de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra

En la Figura 3.3 se muestran los diferentes equipos de laboratorio que se utilizaron para desarrollar el presente trabajo de investigación:

Horno semi industrial		Refrigerador	
Material	Acero inoxidable	Marca	Cónsul
N° de bandejas	2 bandejas	Tipo	Frio húmedo
Quemadores	4 quemadores	Energía estimada	44 kw/mes
Energía	Gas licuado		

Fuente: LTA, (2024)

Figura 3.3 Equipos de laboratorio

3.6.2 Instrumentos de laboratorio en la elaboración de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra

En la Figura 3.4 se muestra los diferentes instrumentos de laboratorio que se utilizaron para elaborar galletas dulces:

Balanza de precisión		Termobalanza	
Marca	Radwag	Modelo	PM 6033 YWH
Capacidad	0.5 g a 4500 g	Capacidad	60 g
Error	0.1 g	T° Max	250°C

Fuente: LACIA, (2024)

Figura 3.4 Instrumentos de laboratorio

3.6.3 Material de laboratorio en la elaboración de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra

Para realizar el presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales de laboratorio:

- **Termómetro de alcohol:** material de vidrio, rango de (0-300) °C
- **Espátula:** acero inoxidable, tipo pala, pequeño
- **Mortero con mazo:** material de cerámica, tamaño mediano

3.6.4 Utensilios de cocina en la elaboración de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra

Los utensilios de cocina que se utilizaron para la elaboración de galletas son:

- **Cuchillo:** tamaño mediano, acero inoxidable
- **Cucharas metálicas:** tamaño mediano, acero inoxidable
- **Fuente metálico:** tamaño mediano, acero inoxidable
- **Papel mantequilla:** un rollo, grande

3.6.5 Reactivos químicos

En la Tabla 3.1 se muestra los reactivos químicos que se utilizó en la elaboración de galletas dulces:

Tabla 3.1

Reactivos químicos			
Reactivo	Concentración	Cantidad	Distribuidora
Hidróxido de sodio	0,1 N	1 L	Telchi
Fenolftaleína	1 %	250 ml	Telchi

Fuente: Elaboración propia

3.6.6 Insumos de grado alimenticio

En la Tabla 3.2 se muestra los siguientes insumos de grado alimenticio que se utilizó en la elaboración de galletas dulces:

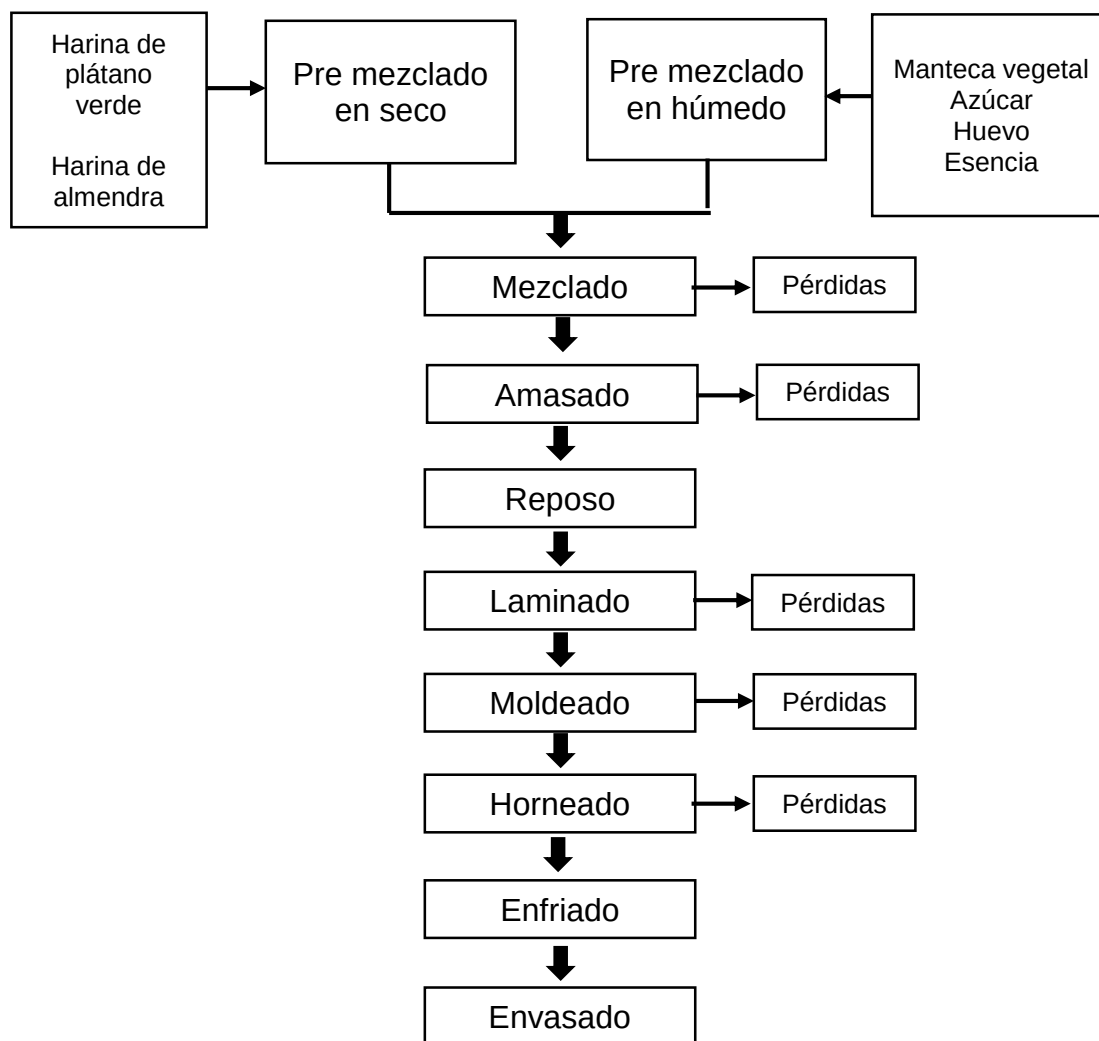
Tabla 3.2

Insumos de grado alimenticio			
Insumos	Cantidad	Calidad	Marca
Harina de plátano verde	20 kg	-----	-----
Harina de almendra	15 kg	-----	-----
Manteca vegetal	10 kg	-----	-----
Azúcar blanca	10 kg	-----	-----
Esencia de vainilla	500 g	-----	Nikki
Huevo de gallina	500 g	-----	Ind. boliviana

Fuente: Elaboración propia

3.7 Diagrama de flujo para la elaboración de galletas dulces

En la Figura 3.5 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y de almendra.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5: Diagrama de flujo para elaborar de galletas dulces con harinas de plátano verde y de almendra.

3.7.1 Descripción del proceso de elaboración de galletas dulces

Los pasos para la elaboración de galletas dulce con harinas de plátano verde y almendra son los siguientes:

3.7.1.1 Pre mezclado en seco

El pre mezclado en seco (Figura 3.6), se realizó utilizando harina de plátano verde entre (34,82 – 36,82) % y harina de almendra entre (10,94 – 12,94) % en un recipiente de aluminio en donde se homogenizo las harinas.

3.7.1.2 Pre mezclado en húmedo

En el premezclado en húmedo (Figura 3.7), se realizó mezclando la manteca vegetal (15,42 – 17,42) %, azúcar (19,40) %, huevo (11,92) % y esencia de vainilla (1,40) % en un recipiente de aluminio, hasta tener una emulsión cremosa.

3.7.1.3 Mezclado

En la (Figura 3.8), se unió el pre mezclado en seco y húmedo de forma manual durante 5 minutos hasta formar una masa homogenizada.

3.7.1.4 Amasado

El amasado (Figura 3.9), se realizó de manera manual durante 5 minutos para obtener una masa firme y homogénea.

3.7.1.5 Reposo

Para el reposo (Figura 3.10), se cubrió la masa con nailon o papel film en el recipiente de aluminio en donde se llevó a refrigerar durante 60 min a una temperatura entre (5 a 10) °C, para que la harina se hidrate por completo y ayuda a que la masa de las galletas quede más firme, lo que evita que se extiendan demasiado.

3.7.1.6 Laminado

Una vez terminado el reposo, en la (Figura 3.11), se realizó el laminado de la masa con un rodillo de forma manual para obtener una masa uniforme.

3.7.1.7 Moldeado

En la (Figura 3.12), se realizó el moldeado de la masa con un molde en forma de una flor la cual fue transportado a una bandeja de acero.

3.7.1.8 Horneado

El horneado (Figura 3.13), se realizó en un horno semi industrial, se precalento el horno hasta los 160 °C de temperatura entre (15 a 20) minutos, verificando la misma con un termómetro de mercurio, se introdujo la bandeja de acero con la masa de las galletas, donde se realizó la cocción durante (8 a 12) minutos.

3.7.1.9 Enfriado

En la (Figura 3.14), se procedió a enfriar las galletas por un tiempo de 40 a 60 minutos a temperatura ambiente antes de ser embolsados. Durante el enfriamiento la humedad interior de la galleta sale al exterior a través de la corteza.

3.7.1.10 Envasado

En la (Figura 3.15), se envaso las galletas dulces en bolsas herméticas de polipropileno de alta densidad (940 g/cm³), los cuales son los más adecuados para conservar las características organolépticas de la galleta, así como evitar cambios fisicoquímicos.

3.8 Evaluación sensorial de alimentos

Según Incap (2020), dicta que el análisis sensorial puede definirse como el conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos por uno o más de los sentidos humanos. El propósito de la evaluación sensorial es medir las propiedades sensoriales y determinar la

importancia de estas, con el fin de predecir la aceptabilidad del consumidor, con lo cual brinda a la industria, la oportunidad de aprovechar y aplicar estas mediciones. Asimismo, García (2023), dice que el análisis sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima. Este tipo de análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los potenciales efectos de desviación que la identidad de la marca y otras informaciones pueden ejercer sobre el juicio del consumidor.

3.9 Diseño experimental

Según Melo (2020), diseñar estadísticamente un experimento es realizar una prueba o una serie de pruebas buscando caracterizar las variables explicativas o factores (X_i) de mayor influencia en un ensayo de interés, evaluado a través de una o varias variables respuesta(s), tal que, si deliberada o sistemáticamente se introducen cambios controlados en algunas de las variables explicativas del proceso, siempre sea posible observar o cuantificar los cambios que estos generan en la(s) variable(s) respuesta(s). Adicionalmente, se busca minimizar el efecto de las variables no controlables (covariables), procurando con ello estabilizar y minimizar la variabilidad de las respuestas, identificando los factores que contribuyen a las mayores causas de variabilidad.

Sin embargo, Westreicher (2021), el diseño experimental busca determinar el impacto en una variable como consecuencia de modificar otra variable dentro de un proceso o estudio estadístico. Cabe resaltar que este tipo de método se caracteriza por ser cuantitativo. Es decir, se utilizan las matemáticas para medir los cambios observados en la variable dependiente. Debemos recordar que, dentro de un estudio o modelo estadístico, la variable dependiente es aquella que es explicada por otras variables, que son las independientes.

3.10 Diseño factorial

Según Salomao, (2023), el diseño experimental es un enfoque sistemático de la planificación, la realización y el análisis de experimentos para identificar y comprender las relaciones causales entre variables. Implica diseñar cuidadosamente el experimento para controlar los posibles factores de confusión y garantizar que la recogida de datos responda eficazmente a las preguntas e hipótesis de la investigación. El diseño experimental abarca la selección de factores y tratamientos, la asignación de participantes o sujetos a diferentes condiciones y la recogida y el análisis de datos para extraer conclusiones significativas.

Sin embargo, Melo (2020), los diseños factoriales se usan ampliamente en experimentos que incluyen varios factores, buscando estudiar el efecto conjunto de los factores sobre la respuesta. Hay varios casos especiales del diseño factorial que son importantes debido a su uso generalizado en investigación. Se destacan los arreglos 2^k porque constituyen las bases de otros diseños de gran valor práctico. El más importante de estos arreglos se presenta cuando se ensayan k factores, cada uno con dos niveles. En este caso, se habla de arreglos factoriales 2^k . Los niveles de estos factores pueden ser cuantitativos o cualitativos.

3.10.1 Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación de la masa para las galletas dulces

En la Tabla 3.3 se muestra la matriz del diseño experimental que se aplicó en el proceso de dosificación de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra conformado por tres variables: A (harina de plátano verde), B (harina de almendra) y C (manteca vegetal).

Tabla 3.3

Disposición matricial de las variables en la etapa de dosificación										
Combinación	Variables			Interacciones				Variables		
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	y _{i1}	y _{i2}	y _{i3}
(1)	-	-	-	+	+	+	-	y ₁	y ₁	y ₁
a	+	-	-	-	-	+	+	y ₂	y ₂	y ₂
b	-	+	-	-	+	-	+	y ₃	y ₃	y ₃
ab	+	+	-	+	-	-	-	y ₄	y ₄	y ₄
c	-	-	+	+	-	-	+	y ₅	y ₅	y ₅
ac	+	-	+	-	+	-	-	y ₆	y ₆	y ₆
bc	-	+	+	-	-	+	-	y ₇	y ₇	y ₇
abc	+	+	+	+	+	+	+	y ₈	y ₈	y ₈

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Y_{i1} = Variable pH

Y_{i2} = Variable acidez (%)

Y_{i3} = Variable contenido de humedad (%)

En la Tabla 3.4 se muestra los niveles de variación que se aplicó en la etapa de dosificación, conformado por tres variables.

Tabla 3.4

Nivel de variación de los factores en la etapa de dosificación			
Variables	Unidad	Nivel bajo	Nivel alto
Harina de plátano verde	%	20	25
Harina de almendra	%	5	10
Manteca vegetal	%	5	10

Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Diseño factorial 2² en la etapa de horneado en la elaboración de galletas dulces

El diseño factorial 2² está compuesto por dos factores con dos niveles de variación y cuatro combinaciones.

En la Tabla 3.5 se muestra el diseño experimental para la elaboración de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra conformado por dos variables: A (tiempo) y B (temperatura).

Tabla 3.5

Disposición matricial de las variables en la etapa de horneado					
Combinación	Variables		Interacciones	Variable	
	A	B	A*B	y _{i1}	y _{i2}
(1)	-	-	+	y ₁	y ₁
a	+	-	-	y ₂	y ₂
b	-	+	-	y ₃	y ₃
ab	+	+	+	y ₄	y ₄

Fuente: Elaboración propia

Donde:

y_{i1} = Variable del contenido de humedad (%).

y_{i2} = Variable del contenido de humedad (%).

Para el proceso de horneado se tomó en cuenta la variación de tiempo y temperatura cada uno con dos niveles como se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.6

Nivel de variación de los factores en la etapa de horneado		
Variables	Nivel bajo	Nivel alto
Tiempo	35 min	20 min
temperatura	150 °C	160 °C

Fuente: Elaboración propia

3.11 Operacionalización de variables para la elaboración de galletas dulces

En la Tabla 3.7, se muestra la operacionalización de la variables dependiente e independiente para el proceso de elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

Tabla 3.7

Operacionalización de variables para la elaboración de galletas dulces

Hipótesis	Variables		Concepto	Dimensiones	Indicadores
Mediante la aplicación de la tecnología de cereales a nivel experimental, se obtendrá galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra para la provincia de Cercado del departamento de Tarija	Variable dependiente	Galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra	Se entiende por «galletas» a los productos alimenticios elaborados por una mezcla de harina, grasas comestibles y agua, adicionando o no azúcares y otros productos (Boe, 2013).	Harina de trigo	Cenizas (%)
				Harina de plátano verde	Grasa (%)
				Harina de almendra	Fibra (%)
					Humedad (%)
	Variable independiente	Tecnología de cereales	El proceso industrial de galletas no es muy diferente de la casera, la elaboración se someten a un proceso de amasado y horneado (Bardón, 2010)	Galletas dulces	Proteína (%)
					Hidratos de carbono (%)
					Valor energético (kcal/100g)
					Calcio (mg/100g)
	Variable independiente	Tecnología de cereales	El proceso industrial de galletas no es muy diferente de la casera, la elaboración se someten a un proceso de amasado y horneado (Bardón, 2010)	Análisis fisicoquímico de la galleta	Hierro (mg/100g)
				Análisis microbiológico	Cenizas (%)
					Grasa (%)
					Fibra (%)
	Variable independiente	Tecnología de cereales	El proceso industrial de galletas no es muy diferente de la casera, la elaboración se someten a un proceso de amasado y horneado (Bardón, 2010)	Diseño experimental 2 ³	Humedad (%)
					Proteína (%)
					Hidratos de carbono (%)
					Valor energético (kcal/100g)
	Variable independiente	Tecnología de cereales	El proceso industrial de galletas no es muy diferente de la casera, la elaboración se someten a un proceso de amasado y horneado (Bardón, 2010)	Diseño experimental 2 ²	Recuento en placas (UPC/g)
					pH
					Humedad (%)
					Acidez (%)

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

4.1 Caracterización de las harinas de trigo, plátano verde y almendra

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

4.1.1 Análisis fisicoquímico de la harina blanca Florencia

En la Tabla 4.1 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000 marca Florencia.

Tabla 4.1

Análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000		
Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	g/100g	1,65
Ceniza	g/100g	2,57
Grasa	g/100g	5,65
Humedad	g/100g	3,59
Proteína total (Nx5,70)	g/100g	8,25
Hidratos de carbono	g/100g	36,94
Valor energético	Kcal/100g	164,00

Fuente: CEANID, (2024)

4.1.2 Análisis microbiológico de la harina blanca Florencia

En la Tabla 4.2 se muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de trigo 0000 marca Florencia.

Tabla 4.2

Análisis microbiológico de la harina de trigo 0000		
Microorganismos	Unidad	Resultado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	$4,0 \times 10^1$
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	$0,1 \times 10^2$

Fuente: CEANID, (2024)

4.1.3 Análisis fisicoquímico de la harina de plátano verde

En la Tabla 4.3 se observa los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de plátano verde

Tabla 4.3

Análisis fisicoquímico de la harina de plátano verde		
Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	g/100g	3,90
Ceniza	g/100g	4,56
Grasa	g/100g	2,61
Humedad	g/100g	1,92
Proteína total (Nx6,25)	g/100g	5,82
Hidratos de carbono	g/100g	46,02
Valor energético	Kcal/100g	265,00
Calcio	mg/100g	3,8
Hierro	mg/100g	4,23

Fuente: CEANID, (2024)

4.1.4 Análisis microbiológico de la harina de plátano verde

En la Tabla 4.4 se detalla los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de plátano verde

Tabla 4.4

Análisis fisicoquímico de la harina de plátano verde		
Microorganismos	Unidad	Resultado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	$<2,0 \times 10^1 (*)$
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	$1,6 \times 10^2$

Fuente: CEANID, (2024)

4.1.5 Análisis fisicoquímico de la harina de almendra

En la Tabla 4.5 se muestra los resultados provenientes de los análisis de la harina de almendra

Tabla 4.5

Análisis fisicoquímico de la harina de almendra		
Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	g/100g	1.23
Ceniza	g/100g	5,89
Grasa	g/100g	3,11
Humedad	g/100g	2,25
Proteína total (Nx5,18)	g/100g	31,55
Hidratos de carbono	g/100g	13,22
Valor energético	Kcal/100g	172,00
Calcio	mg/100g	38,00
Hierro	mg/100g	2,43

Fuente: CEANID, (2024)

4.1.6 Análisis microbiológico de la harina de almendra

En la Tabla 4.6 se detalla los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de almendra

Tabla 4.6

Análisis fisicoquímico de la harina de almendra		
Microorganismos	Unidad	Resultado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	$<3,0 \times 10^1 (*)$
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	$1,0 \times 10^3$

Fuente: CEANID, (2024)

4.2 Caracterización de las variables del proceso de elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

En la caracterización de las variables del proceso de elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendras, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Ensayos preliminares para la elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

Experimentalmente, se elaboraron galletas dulces con harina de trigo en base al procedimiento citado por Zavaleta, (2024). En donde, se realizaron cuatro ensayos: (ensayo 1, ensayo 2, ensayo 3 y ensayo 4), para lo cual se hicieron variaciones en los porcentajes de harinas de trigo, plátano verde, almendra y otros insumos, con el fin de obtener una muestra de galleta dulce ideal (F02) para el diseño factorial.

4.2.2 Variación en la dosificación para la elaboración de galletas dulces del ensayo 1

Para realizar la variación en la dosificación del porcentaje de harinas en las ocho muestras para el ensayo 1, se tomaron en cuenta rangos de porcentajes harina de trigo (16,54 – 4,51) %, harina de plátano verde (24,06 – 31,58) % y harina de almendra (9,02 – 13,53) %.

se procedió a realizar la valoración subjetiva utilizando el personal del laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, en donde degustaron las muestras de galletas dulces, siendo elegidas con mayor preferencia las muestras (M3, M4, M7 y M8) en los atributos sensoriales: color, sabor y textura. En comparación con las muestras (M1, M2, M5 y M6) las cuales presentaron menor preferencia en sus atributos olor, color y textura.

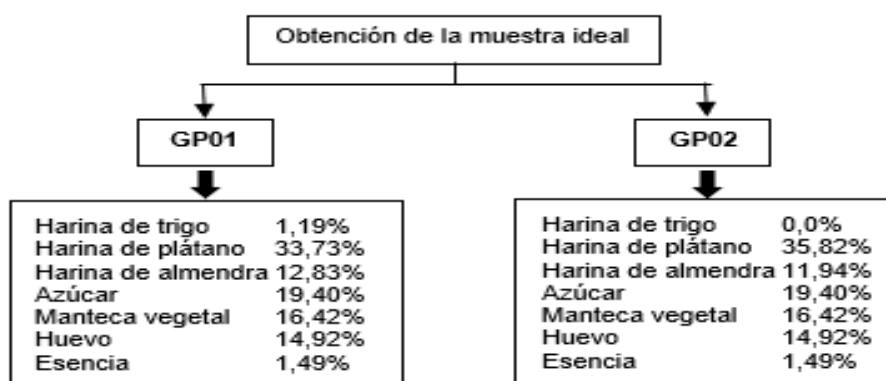
4.2.3 Variación en la dosificación para la elaboración de galletas dulces del ensayo 2

A partir de las muestras elegidas (M3, M4, M7 y M8) de la Figura 4.2. Se realizaron otra variación en la dosificación del porcentaje de harinas en las cuatro muestras para el ensayo 2, en donde se tomaron en cuenta rangos de porcentaje harina de trigo entre (2,99 – 0) %, harina de plátano verde (31,34 – 35,82) % y harina de almendra (13,43 – 11,94) %.

nuevamente se procedió a realizar la valoración subjetiva utilizando el personal del laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, en donde degustaron las muestras de galletas dulces, siendo elegidas con mayor preferencia las muestras (NM3 y NM4) en los atributos sensoriales: color, sabor y textura. En comparación con las muestras (NM1 y NM2) donde las cuales presentan menor preferencia en sus atributos color, sabor y textura.

4.2.4 Obtención de la muestra ideal de galletas dulces del ensayo 3

A partir de las muestras elegidas (NM3 y NM4) de la Figura 4.3, se procedió a elaborar las muestras de galletas dulces con una nueva codificación con rangos de porcentaje harina de trigo entre (1,49 – 0,0) %, harina de plátano verde (33,58 – 35,82) % y harina de almendra (12,68 – 11,94) % como se muestra en la Figura 4.4. Con el fin de establecer una muestra de galleta dulce ideal.



Fuente: Elaboración propia

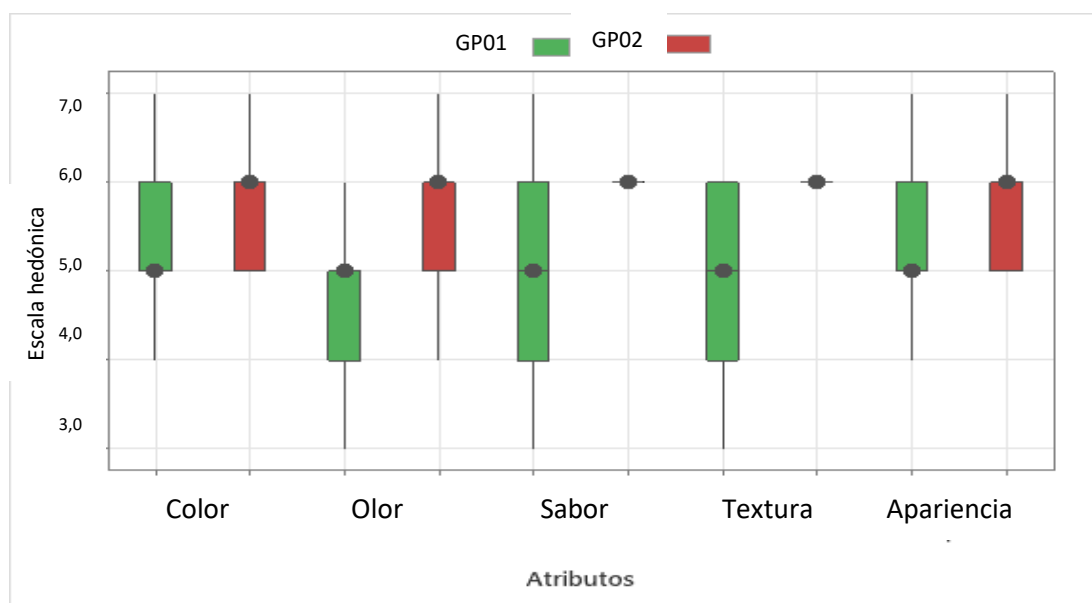
Figura 4.4: Obtención de la muestra ideal

Según la (Figura 4.4), se procedió a realizar la evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos valorando los atributos: color, olor, sabor, textura y apariencia de las muestras (GP01 y GP02), con el fin de obtener una muestra de galleta dulce ideal, en donde se observa que la muestra GP01 sigue teniendo harina de trigo a diferencia de la muestra GP02 la cual se eliminó la harina de trigo, realizando la evaluación sensorial a las muestras de galletas dulces y según la preferencia de los jueces la muestra la muestra GP02 fue

elegida, se hizo esta dosificación quitando por completo la harina de trigo con el fin de obtener una galleta dulce más saludable y con un valor nutricional más alto para el consumo de la población de Cercado del departamento Tarija.

4.2.5 Estadística caja de bigote de las pruebas iniciales para la elaboración de galletas dulces

En la Figura 4.5 se muestra las estadísticas en caja bigote de los datos extraídos del (Anexo C.1) para el atributo color, olor, sabor, textura y apariencia



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5: Caja bigote para la obtención de la muestra ideal de galleta dulce

Según la Figura 4.5 se puede observar los resultados obtenidos de la mediana en función a los atributos de las muestras evaluadas son: color 6,0 (GP02), olor 6,0 (GP02), sabor 6,0 (GP02), textura 6,0 (GP02) y apariencia 6,0 (GP02). Realizando el análisis de varianza se observa que existe diferencia para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Sin embargo, de acuerdo a la evaluación sensorial realizada a las muestras de galletas dulces y según la preferencia de los jueces la muestra GP02 es elegida por sus atributos: sabor, textura, olor y apariencia, obteniendo así la muestra ideal de galleta dulce.

4.2.6 Selección de la forma en la galleta dulce con harinas de plátano verde y almendra

En base a la muestra GP02 de la Figura 4.5, se seleccionó 3 tipos de formas de galletas como se muestra en la Figura 4.6, con el fin de realizar una evaluación sensorial para seleccionar la forma final de la galleta dulce.

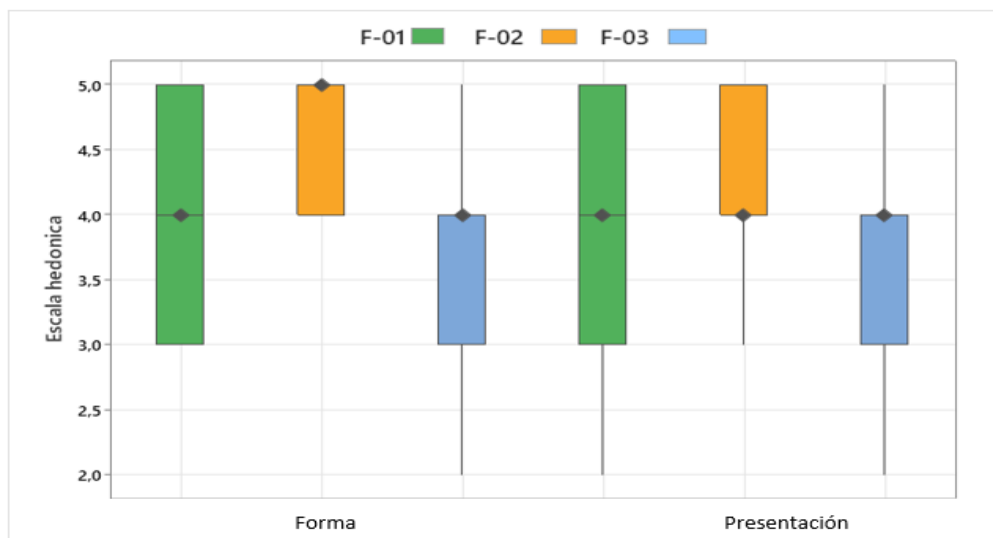


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Selección de la forma en la galleta dulce

4.2.7 Evaluación sensorial para definir la forma de la galleta dulce

A partir de la muestra elegida GP02 de la Figura 4.5 se procedió a elaborar galletas dulces con harina de plátano verde y almendra para definir la forma y



presentación, por lo cual se evaluaron tres distintas formas F01 (cuadrada), F02 (estrella) y F03 (redonda). En la Figura 4.7, se muestra el estadístico de caja de bigote de los datos extraídos de la evaluación sensorial para el atributo forma y presentación extraídos del (Anexo C.2).

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Evaluación sensorial para definir la forma de la galleta dulce

Según la Figura 4.7 se observa los resultados de la mediana en función a los atributos sensoriales: forma y presentación de las muestras que fueron evaluadas y los cuales son: forma 5,0 (F02), presentación 4,0 (F01, F02 y F03). Realizado el análisis de varianza se observa que hay diferencia para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, Sin embargo, de acuerdo a la evaluación sensorial realizada a las muestras de galletas dulces se observa la diferencia entre las cajas de la Figura 4.7, en el atributo de presentación donde se observa que la muestra F02 es elegida.

4.2.7.1 Estadística Tukey para definir la forma de la galleta dulce

En la Tabla 4.7 se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey de los datos extraídos del (Anexo C.2) para los atributos de: forma y presentación para definir la forma que tendrá la galleta dulce.

Tabla 4.7

Estadística Tukey para definir la forma en la galleta dulce

Muestra	Atributos	Nº	Mediana	Agrupación		
F02	Forma	22	4,591	A		
F02	Presentación	22	4,182	A	B	
F01	Forma	22	4,182	A	B	
F01	Presentación	22	3,909		B	C
F03	Forma	22	3,636			C
F03	Presentación	22	3,545			C

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.7, se observa que existe diferencia entre la muestra F02 y F01 para elegir la forma de la galleta dulce, para un nivel de significancia de

$\alpha = 0,05$. Sin embargo, de acuerdo a la evaluación sensorial y según la preferencia de los jueces, la muestra F02 es elegida por sus atributos: forma y presentación.

4.3 Diseño factorial 2^3 en el proceso de dosificación de masa para las galletas dulces

En base a la muestra ideal F02 de la (Figura 4.7), se procedió a realizar las pruebas experimentales del diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación; para esta situación se tomaron en cuenta las variables respuesta: pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad como se observa en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8

Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación de la masa para galletas dulces

Combinación	Factores			Variable respuesta pH		Variable respuesta acidez		Variable respuesta humedad	
	% Harina Platano verde	% Harina Almendra	% Manteca Vegetal						
	A	B	C	Y_{i1}	Y_{i2}	Y_{i1}	Y_{i2}	Y_{i1}	Y_{i2}
(1)	34,82	10,94	15,42	6,03	6,18	2,80	0,98	1,99	1,69
a	36,82	10,94	15,42	6,23	6,13	1,79	1,02	1,83	1,85
b	34,82	12,94	15,42	6,24	6,15	1,71	1,03	2,02	2,14
ab	36,82	12,94	15,42	8,20	6,22	1,46	1,15	1,85	2,13
c	34,82	10,94	17,42	6,20	6,44	2,03	0,62	2,26	1,63
ac	36,82	10,94	17,42	6,21	6,48	1,98	0,62	1,59	1,81
bc	34,82	12,94	17,42	6,31	6,50	1,28	0,45	1,04	2,41
abc	36,82	12,94	17,42	6,26	6,52	1,54	0,41	2,18	2,47

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Variable respuesta pH en la etapa de dosificación en la masa para las galletas dulces

Aplicando el diseño experimental se tomó en cuenta como variables independientes los porcentajes de, harina de plátano verde (A), harina de almendra (B), manteca vegetal (C) y como variable respuesta el pH en las galletas con harina de plátano verde y almendra.

En la Tabla 4.9 se observan los porcentajes de harina de plátano verde entre (34,82 – 36,82), harina de almendra (10,94 – 12,94) y manteca vegetal (15,42 – 17,42) y la variable respuesta de pH en el diseño factorial.

Tabla 4.9

Diseño factorial 2³ en la etapa de dosificación en la masa para las galletas dulces

Combinación	Factores			Variable respuesta pH	
	% Harina Platano verde	% Harina Almendra	% Manteca Vegetal		
	A	B	C	Y _{i1}	Y _{i2}
(1)	34,82	10,94	15,42	6,03	6,18
a	36,82	10,94	15,42	6,23	6,13
b	34,82	12,94	15,42	6,24	6,15
ab	36,82	12,94	15,42	8,20	6,22
c	34,82	10,94	17,42	6,20	6,44
ac	36,82	10,94	17,42	6,21	6,48
bc	34,82	12,94	17,42	6,31	6,50
abc	36,82	12,94	17,42	6,26	6,52

Fuente: Elaboración propia

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta pH (Tabla 4.9). Aplicando el programa estadístico statgraphics para Windows, se tomaron los resultados obtenidos del (Anexo E.1) y (Anexo E).

Tabla 4.10

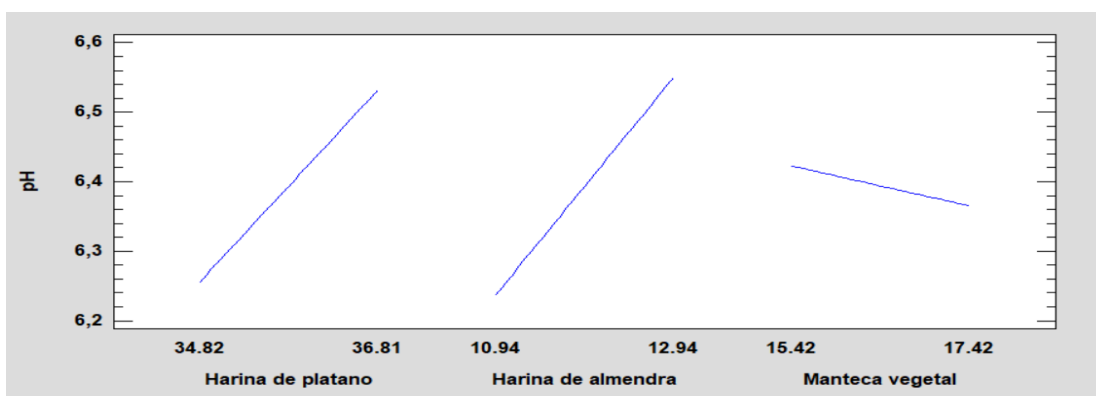
Análisis de varianza para la variable respuesta pH

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Fcal	Ftab
A:Harina de platano	0,3025	1	0,3025	1,15	0,3141
B:Harina de almendra	0,390625	1	0,390625	1,49	0,2570
C:Manteca vegetal	0,013225	1	0,013225	0,05	0,8279
AB	0,2025	1	0,2025	0,77	0,4051
AC	0,2916	1	0,2916	1,11	0,3224
BC	0,245025	1	0,245025	0,93	0,3620
ABC	0,2401	1	0,2401	0,92	0,3666
Error total	2,0976	8	0,2622		
Total	3,78317	15			

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (Tabla 4.10) se observa que para los factores A, B, C en la interacción AB, AC, BC, ABC existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$ para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la Figura 4.8 se muestra los efectos principales para pH de los factores A (harina de plátano), B (harina de almendra) y C (manteca vegetal) con relación a la variable respuesta pH.

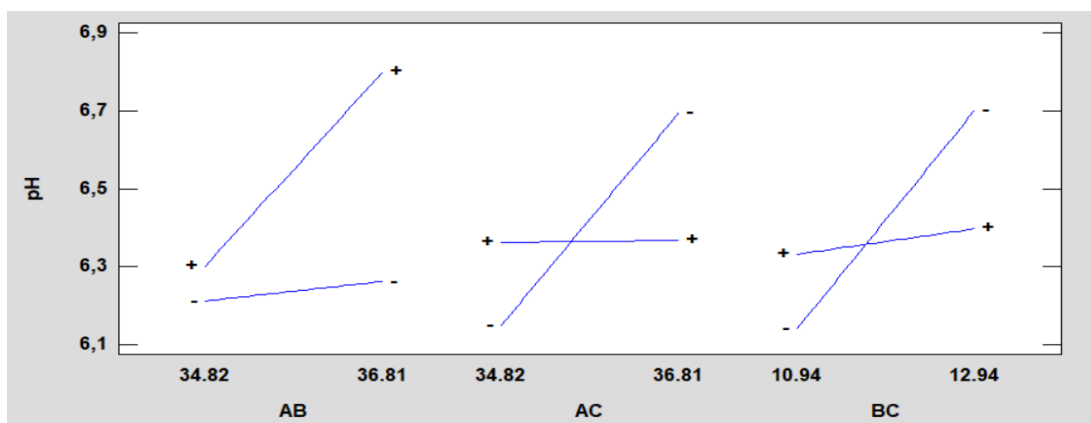


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Efectos principales de la variable pH

Según la Figura 4.8 se puede observar que los factores, harina de plátano (34,82 – 36,82) % y harina de almendra (10,94 – 12,94) %, inciden significativamente en la variable pH cuando se encuentra en su nivel alto y bajo, mientras que el factor, manteca vegetal (15,42 – 17,42) %, no incide en el pH cuanto está en su nivel alto y bajo.

En la Figura 4.9 se muestra la interacción para los factores AB (harina de plátano – harina de almendra), AC (harina de plátano – manteca vegetal) y BC (harina de almendra – manteca vegetal) en función a la variable respuesta pH.

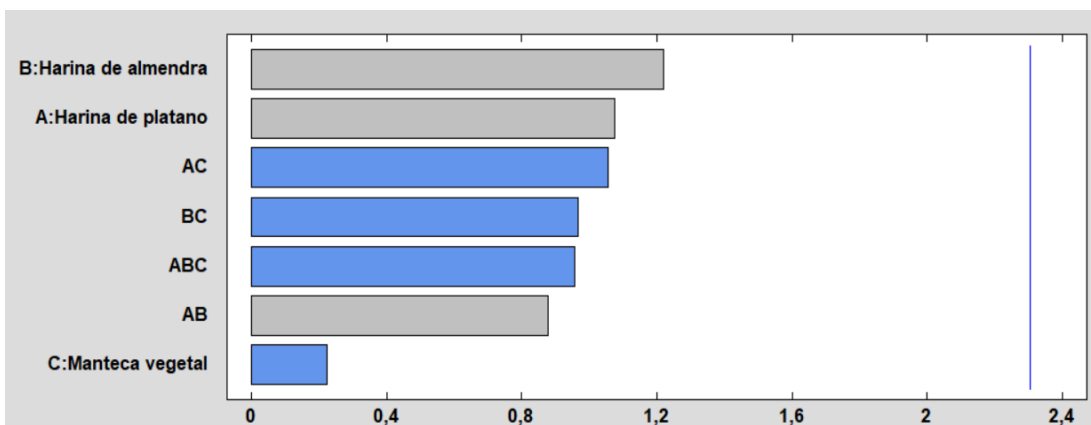


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Interacción de factores en la variable respuesta pH

Se observa en la Figura 4.9 que la interacción AB (harina de plátano – harina de almendra) no son significativos ya que los factores no interaccionan entre sí, mientras que los factores AC (harina de plátano – manteca vegetal) y BC (harina de almendra – manteca vegetal) son significativos debido a que interaccionan entre sí.

En la Figura 4.10 se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial, para tal efecto en nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea de referencia con valor de 2,3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Diagrama de Pareto estandarizado para pH

Se observa en la Figura 4.10 que los factores B (harina de almendra), A (harina de plátano), AC (harina de plátano – manteca vegetal), BC (harina de almendra – manteca vegetal), ABC (harina de plátano - harina de almendra – manteca vegetal), AB (harina de plátano – harina de almendra), C (manteca vegetal) no sobrepasan la línea de referencia por lo tanto no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.2 Variable respuesta acidez (ácido láctico) en la etapa de dosificación de la masa para las galletas dulces

Aplicando el diseño experimental se tomó en cuenta como variables independientes los porcentajes de, harina de plátano verde (A), harina de almendra (B), manteca vegetal (C) y como variable respuesta la acidez en las galletas con harinas de plátano verde y almendra.

En la Tabla 4.11 se observan los porcentajes de harina de plátano verde entre (34,82 – 36,82), harina de almendra (10,94 – 12,94) y manteca vegetal (15,42 – 17,42) y la variable respuesta de acidez en el diseño factorial.

Tabla 4.11

Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación de la masa para las galletas dulces

Combinación	Factores			Variable respuesta acidez	
	% Harina Platano verde	% Harina Almendra	% Manteca Vegetal		
	A	B	C	Y_{i1}	Y_{i2}
(1)	34,82	10,94	15,42	2,80	0,98
a	36,82	10,94	15,42	1,79	1,02
b	34,82	12,94	15,42	1,71	1,03
ab	36,82	12,94	15,42	1,46	1,15
c	34,82	10,94	17,42	2,03	0,62
ac	36,82	10,94	17,42	1,98	0,62
bc	34,82	12,94	17,42	1,28	0,45
abc	36,82	12,94	17,42	1,54	0,41

Fuente: Elaboración propia

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta acidez (Tabla 4.12). Aplicando el

programa estadístico statgraphics para Windows, se tomaron los resultados obtenidos del (Anexo E.2) y (Anexo E).

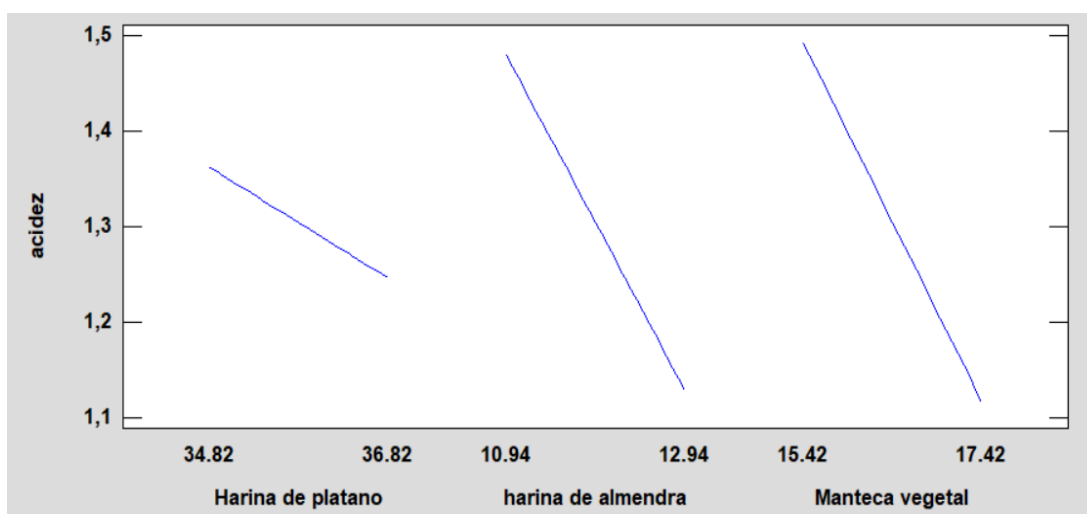
Tabla 4.12

Análisis de varianza para acidez					
Fuente de varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Fcal	Ftab
A:Harina de platano	0,0540563	1	0,0540563	0,08	0,7790
B:Harina de almendra	0,493506	1	0,493506	0,77	0,4061
C:Manteca vegetal	0,566256	1	0,566256	0,88	0,3750
AB	0,0770063	1	0,0770063	0,12	0,7380
AC	0,100806	1	0,100806	0,16	0,7022
BC	0,00680625	1	0,00680625	0,01	0,9205
ABC	0,0203062	1	0,0203062	0,03	0,8632
Error total	5,13365	8	0,641706		
Total	6,45239	15			

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (Tabla 4.12) se observa que para el factor A e interacciones AB, AC, BC, ABC no existe diferencia significativa ya que $F_{cal} < F_{tab}$, mientras que en los factores B y C existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$ para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la Figura 4.11 se muestra los efectos principales para los factores A (harina de plátano), B (harina de almendra) y C (manteca vegetal) con relación a la variable respuesta acidez.

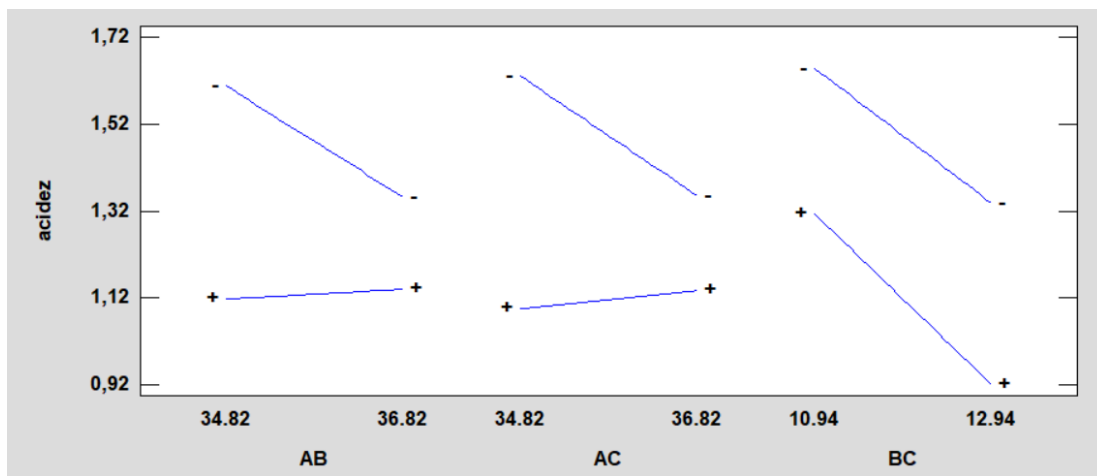


Fuente: Elaboracion propia

Figura 4.11: Efectos principales de la variable acidez

Según la Figura 4.11 se puede observar que los factores, harina de plátano (34,82 – 36,82) % y harina de almendra (10,94 – 12,94) %, manteca vegetal (15,42 – 17,42) %, no inciden significativamente en la variable acidez cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la Figura 4.12 se muestra la interacción para los factores AB (harina de plátano – harina de almendra), AC (harina de plátano – manteca vegetal) y BC (harina de almendra – manteca vegetal) en función a la variable respuesta pH.

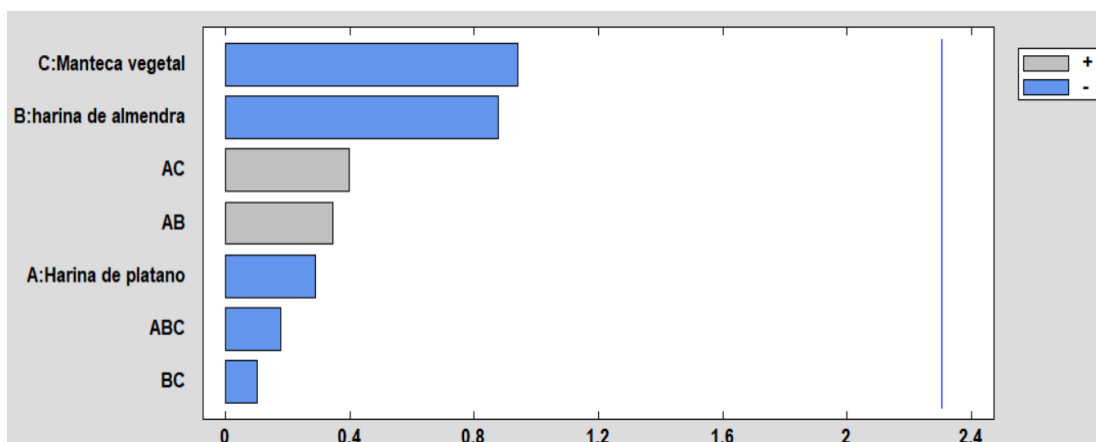


Fuente: elaboración propia

Figura 4.12: Interacción de factores en la variable respuesta acidez

Según la Figura 4.11 Se observa que las interacciones AB (harina de plátano – harina de almendra), AC (harina de plátano – manteca vegetal) y BC (harina de almendra – manteca vegetal) no son significativos ya que los factores no interaccionan entre sí.

En la Figura 4.13 se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial, para tal efecto en nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea de referencia con valor de 2,3.



Fuente: elaboracion propia

Figura 4.13: Diagrama de Pareto estandarizado para acidez

Según la Figura 4.13 se observa que los factores C (manteca vegetal), B (harina de almendra), AC (harina de plátano – manteca vegetal), AB (harina de plátano – harina de almendra), A (harina de plátano), ABC (harina de plátano - harina de almendra – manteca vegetal), BC (harina de almendra – manteca vegetal), no sobrepasan la línea de referencia por lo tanto no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.3 Variable respuesta humedad en la etapa de dosificación de la masa para las galletas dulces

Aplicando el diseño experimental se tomó en cuenta como variables independientes los porcentajes de, harina de plátano verde (A), harina de almendra (B), manteca vegetal (C) y como variable respuesta la humedad en las galletas con harinas de plátano verde y almendra.

En la Tabla 4.13 se observan los porcentajes de harina de plátano verde entre (34,82 – 36,82), harina de almendra (10,94 – 12,94) y manteca vegetal (15,42 – 17,42) y la variable respuesta de contenido de humedad en el diseño factorial.

Tabla 4.13

Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación de la masa para las galletas dulces

Combinación	Factores			Variable respuesta humedad	
	% Harina Platano verde	% Harina Almendra	% Manteca Vegetal		
	A	B	C	Y_{i1}	Y_{i2}
(1)	34,82	10,94	15,42	2,80	0,98
a	36,82	10,94	15,42	1,79	1,02
b	34,82	12,94	15,42	1,71	1,03
ab	36,82	12,94	15,42	1,46	1,15
c	34,82	10,94	17,42	2,03	0,62
ac	36,82	10,94	17,42	1,98	0,62
bc	34,82	12,94	17,42	1,28	0,45
abc	36,82	12,94	17,42	1,54	0,41

Fuente: Elaboración propia

En base al diseño experimental aplicado en la etapa de dosificación se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta humedad (Tabla 4.13). Aplicando el programa estadístico statgraphics para Windows, se tomaron los resultados obtenidos del (Anexo E.3) y (Anexo E)

Tabla 4.14

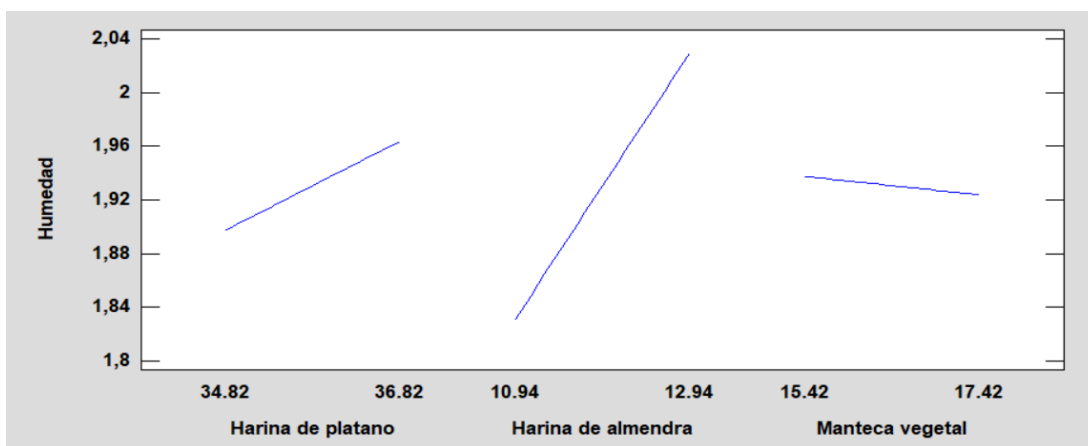
Análisis de varianza para el contenido de humedad

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Fcal	Ftab
A:Harina de platano	0,0175562	1	0,0175562	0,11	0,7503
B:Harina de almendra	0,158006	1	0,158006	0,98	0,3521
C:Manteca vegetal	0,00075625	1	0,00075625	0,00	0,9472
AB	0,142506	1	0,142506	0,88	0,3755
AC	0,0495063	1	0,0495063	0,31	0,5953
BC	0,00005625	1	0,00005625	0,00	0,9856
ABC	0,218556	1	0,218556	1,35	0,2787
Error total	1,29475	8	0,161844		
Total	1,88169	15			

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (Tabla 4.14) se observa que para el factor A, C e interacciones AC, BC, no existe diferencia significativa ya que $F_{cal} < F_{tab}$, mientras que el factor B e interacciones AB, ABC existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$ para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$

En la Figura 4.14 se muestra los efectos principales para los factores A (harina de plátano), B (harina de almendra) y C (manteca vegetal) con relación a la variable respuesta contenido de humedad.

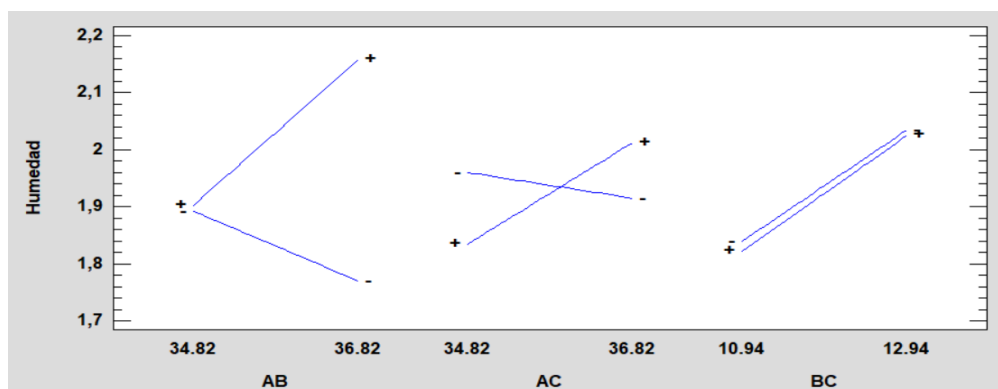


Fuente: elaboración propia

Figura 4.14: Efectos principales de la variable respuesta contenido de humedad

Según la Figura 4.14 se observa que el factor harina de almendra (10,94 – 12,94), incide significativamente en la variable respuesta contenido de humedad en su nivel alto y bajo, mientras que en los factores harina de plátano (34,82 – 36,82) y manteca vegetal (15,42 – 17,42) no inciden significativamente en el contenido de humedad en su nivel alto y bajo.

En la Figura 4.15 se muestra la interacción para los factores AB (harina de plátano – harina de almendra), AC (harina de plátano – manteca vegetal) y BC (harina de almendra – manteca vegetal) en función a la variable respuesta contenido de humedad.

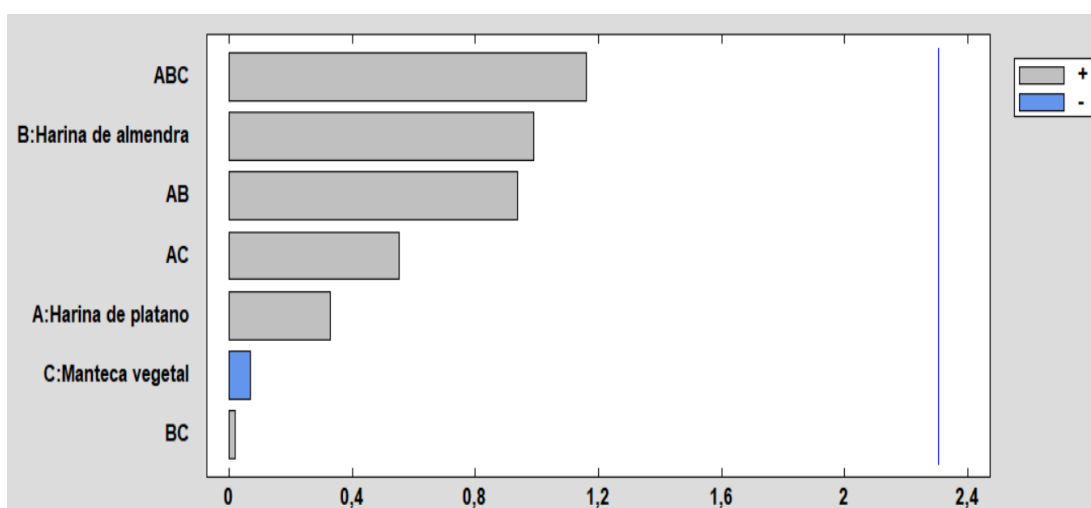


Fuente: elaboracion propia

Figura 4.15: Interacción de factores en la variable respuesta contenido de humedad

Según la Figura 4.15, se observa en la interacción AB (harina de plátano – harina de almendra) y BC (harina de almendra – manteca vegetal) no son significativos ya que los factores no interaccionan entre sí, mientras que los factores AC (harina de plátano – manteca vegetal) son significativos debido a que interaccionan entre sí.

En la figura 4.16, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial, para tal efecto en nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea de referencia con valor de 2,3.



Fuente: elaboracion propia

Figura 4.16: Diagrama de Pareto estandarizado para acidez

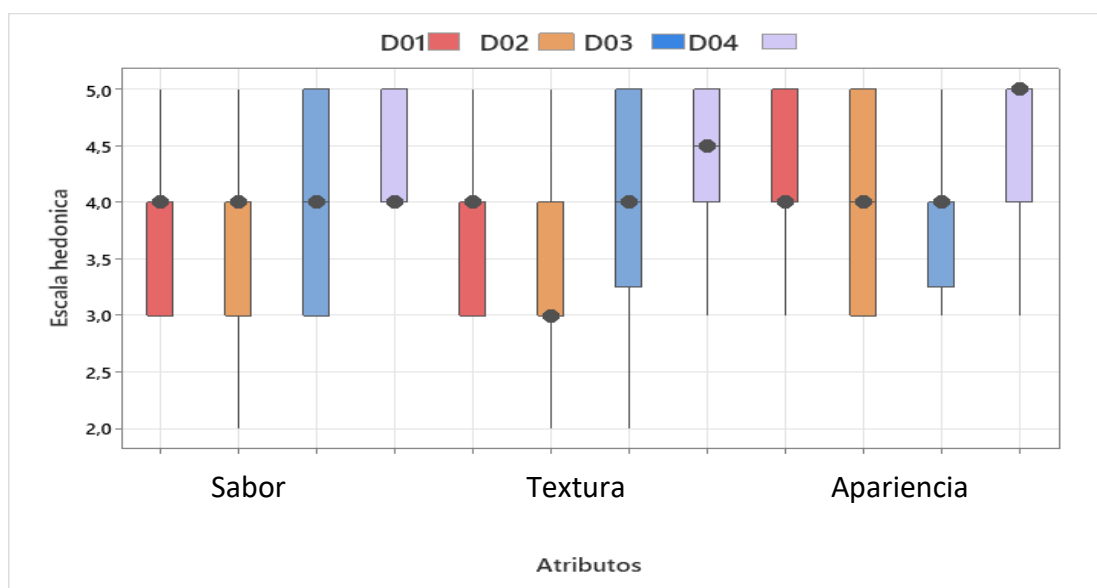
Según la Figura 4.16, se observa que los factores ABC (harina de plátano - harina de almendra – manteca vegetal), B (harina de almendra), AB (harina de plátano – harina de almendra), AC (harina de plátano – manteca vegetal), A (harina de plátano), C (manteca vegetal), BC (harina de almendra – manteca vegetal), no sobrepasan la línea de referencia por lo tanto no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

4.3.4 Evaluación sensorial en el diseño experimental 2³ en la etapa de dosificación de las galletas dulces

Se realizó la evaluación sensorial en el diseño experimental 2³ en la etapa de dosificación, separando las ocho muestras en dos grupos, cuatro niveles inferiores y cuatro niveles superiores, con el fin de observar la variación en la formulación de las galletas dulces.

4.3.4.1 Estadística de caja de bigote para el menor porcentaje con harina de plátano en la elaboración de galletas dulces

En la Figura 4.17 se muestra las estadísticas en caja de bigote de los datos extraídos del (Anexo C.3) para los atributos de: sabor, textura y apariencia



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Caja bigote para el menor porcentaje harina de plátano en el diseño factorial

Según la Figura 4.17 se observa los resultados de la mediana en función a los atributos de las muestras evaluadas las cuales son: sabor 4 (D03 – D04), textura 4.5 (D04) 4 (D03) y apariencia 5 (D04) 4 (D01). Realizando el análisis de varianza se observa una pequeña diferencia significativa en los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.4.1.1 Estadística Tukey para el menor porcentaje con harina de plátano en la elaboración de galletas dulces

En la Tabla 4.15 se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey de los datos extraídos del anexo C.3 para los atributos evaluados.

Tabla 4.15

Estadístico Tukey para el menor porcentaje con harina de plátano

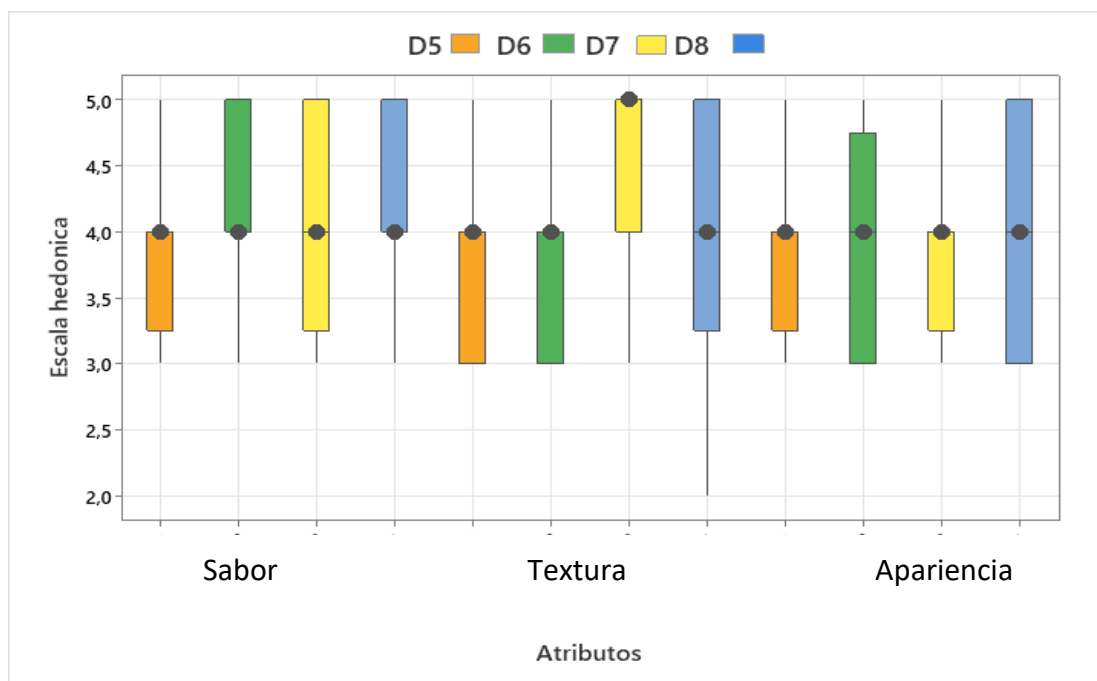
Factor	Atributos	Nº	Mediana	Agrupación		
D04	Apariencia	20	4,450	A		
D04	Textura	20	4,400	A		
D04	Sabor	20	4,350	A	B	
D03	Textura	20	4,150	A	B	
D01	Apariencia	20	4,100	A	B	C
D03	Sabor	20	4,050	A	B	C
D02	Apariencia	20	4,000	A	B	C
D03	Apariencia	20	3,850	A	B	C
D01	Textura	20	3,800	A	B	C
D01	Sabor	20	3,750	A	B	C
D02	Sabor	20	3,600		B	C
D02	Textura	20	3,350			C

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.15 se puede observar que existe diferencia entre los atributos de las cuatro muestras evaluadas para el menor porcentaje con harina de plátano, de un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.4.2 Estadística de caja de bigote para el mayor porcentaje con harina de plátano en la elaboración de galletas dulces

En la Figura 4.18 se muestra las estadísticas en caja de bigote de los datos extraídos del (anexo C.4) para los atributos de: sabor, textura y apariencia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Caja bigote para el mayor porcentaje harina de plátano en el diseño factorial

Según la Figura 4.18 se observa los resultados de la mediana en función a los atributos de las muestras evaluadas las cuales son: sabor 4 (D06 – D08), textura 5 (D07) 4 (D08) y apariencia 4 (D05 – D07). Realizando un análisis de varianza se observa que hay una pequeña diferencia significativa en los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.4.2.1 Estadística Tukey para el mayor porcentaje con harina de plátano en la elaboración de galletas dulces

En la Tabla 4.16 se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey de los datos extraídos del anexo C.4 para los atributos evaluados

Tabla 4.16

Estadístico Tukey para el mayor porcentaje con harina de plátano					
Factor	Atributos	Nº	Mediana	Agrupación	
D07	Textura	20	4,400	A	
D08	Sabor	20	4,150	A	B
D07	Sabor	20	4,150	A	B
D06	Sabor	20	4,150	A	B
D08	Textura	20	4,000	A	B
D08	Apariencia	20	3,950	A	B
D07	Apariencia	20	3,950	A	B
D06	Apariencia	20	3,950	A	B
D05	Apariencia	20	3,950	A	B
D05	Sabor	20	3,950	A	B
D06	Textura	20	3,750		B
D05	Textura	20	3,700		B

Fuente: Elaboración propia

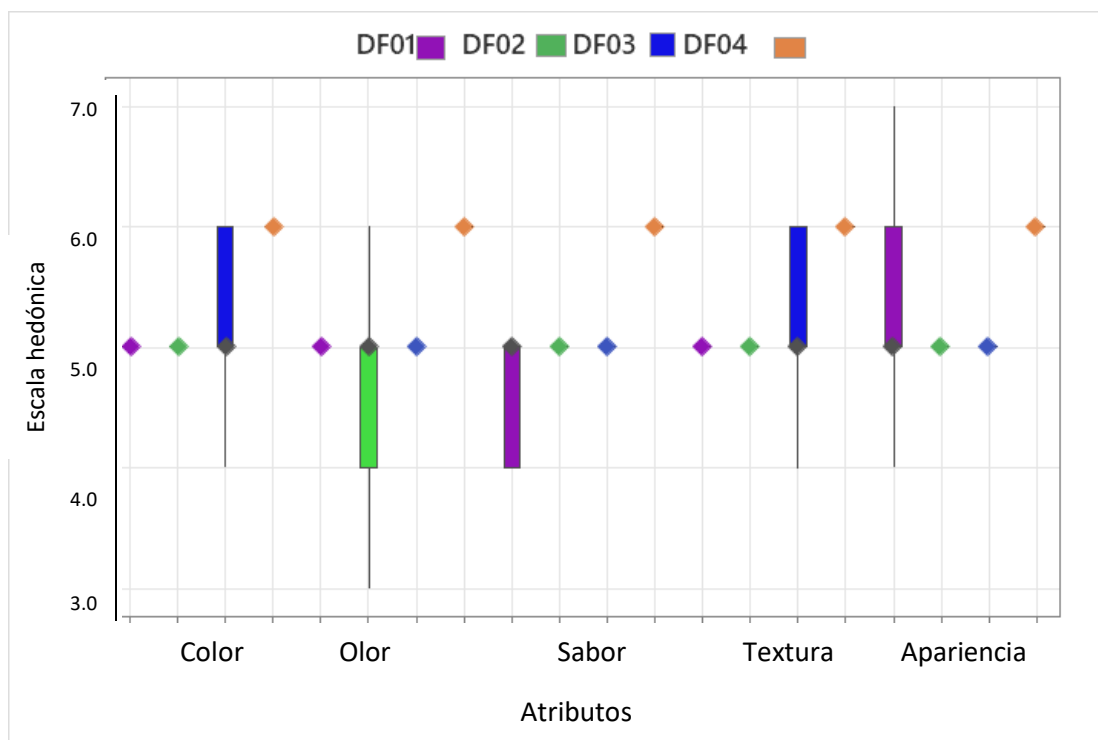
En la Tabla 4.16 se puede observar que existe diferencia entre los atributos de las cuatro muestras evaluadas para el menor porcentaje con harina de plátano, de un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.4 Evaluación sensorial para elegir la muestra final de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

Par elegir la muestra final se hizo una evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos, donde se evaluaron la muestra inicial (GP02), la muestra (D03) del nivel inferior y dos muestras del nivel superior (D07 y D08).

4.4.1 Estadístico de caja y bigote para elegir la muestra final de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendras

En la Figura 4.19 se muestra las estadísticas en caja de bigote de los datos extraídos del (Anexo C.5) para los atributos de: color, olor, sabor, textura y apariencia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Caja bigote para la muestra final del diseño factorial 2^3

Según la Figura 4.19 se puede observar los resultados de la mediana en función a los atributos de las muestras evaluadas las cuales son: color 6,0 (DF04), olor 6,0 (DF04), sabor 6,0 (DF04), textura 6,0 (DF04) y apariencia 6,0 (DF04). Realizando un análisis de varianza se observa que no hay diferencia significativa en los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Sin embargo, de acuerdo a la evaluación sensorial realizada de las muestras de galletas dulces y según la preferencia de los jueces indica que la muestra (DF04) es elegida por su sabor, color, textura y apariencia.

4.4.1.1 Estadística Tukey para elegir la muestra final de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

En la Tabla 4.17 se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey de los datos extraídos del anexo C.5 para los atributos evaluados.

Tabla 4.17

Estadística Tukey para la muestra final en el diseño 2^3

Factor	Atributo	N	Mediana	Agrupación		
DF04	Textura	15	6,133	A		
DF04	Sabor	15	6,067	A	B	
DF04	Olor	15	6,067	A	B	
DF04	Apariencia	15	6,000	A	B	
DF04	Color	15	6,000	A	B	
DF01	Apariencia	15	5,333	A	B	C
DF03	Color	15	5,200	A	B	C
DF03	Textura	15	5,133		B	C
DF04	Color	15	5,133		B	C
DF02	Textura	15	5,000			C
DF03	Sabor	15	5,000			C
DF02	Color	15	5,000			C
DF03	Apariencia	15	4,933			C
DF02	Sabor	15	4,933			C
DF03	Olor	15	4,933			C
DF02	Apariencia	15	4,867			C
DF01	Sabor	15	4,867			C
DF01	Textura	15	4,800			C
DF01	Olor	15	4,800			C
DF01	Olor	15	4,667			C

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.17 se puede observar que existe diferencia entre los atributos de las cuatro muestras finales realizadas en el diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.5 Diseño factorial 2^2 en la etapa de horneado en las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendras

En base a la muestra DF04 seleccionada en la (Figura 4.19), después de realizar el diseño de dosificación, se procede a realizar el diseño factorial 2^2 (Tabla 4.18) en la etapa de horneado en donde se tomó como variable respuesta el contenido de humedad de las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra.

Tabla 4.18

Orden matricial de las variables en la etapa de horneado					
Combinación de tratamiento	Factores		Variable respuesta		Total
	(°C)	(Minutos)			
	Temperatura	Tiempo			
	A	B	Y _{i1}	Y _{i2}	
(1)	150	20	1,36	1,27	2,63
a	160	20	1,44	1,38	2,82
b	150	35	1,23	0,84	2,07
ab	160	35	1,38	2,25	3,63

Fuente: Elaboración propia

4.5.1 Variable respuesta del contenido de humedad en la etapa de horneado

Aplicando el diseño experimental se tomó en cuenta las variables. Factor A (temperatura) y Factor B (tiempo) y como variable respuesta el contenido de humedad en las galletas con harinas de plátano verde y almendra, para tal efecto se tomaron en cuenta los datos realizados en el CEANID.

Se obtuvo como variable respuesta el contenido de humedad mediante la aplicación del diseño factorial en la etapa de horneado, se realizó un análisis estadístico (Tabla 4.19). Aplicando el programa estadístico statgraphics para Windows, los resultados se detallan en el (Anexo E.4) y (Anexo E).

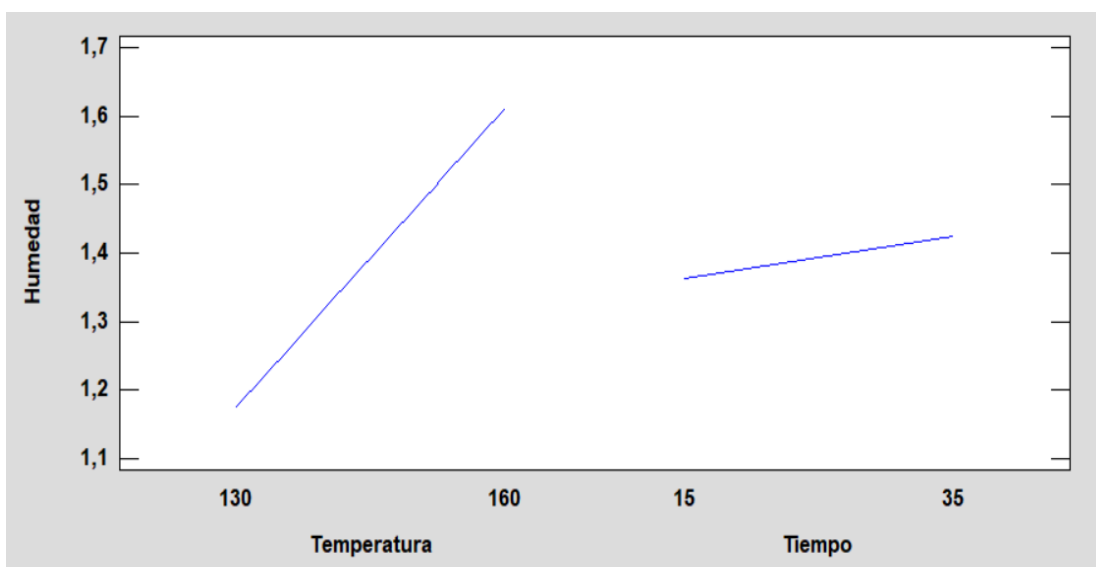
Tabla 4.19

Análisis de varianza para la variable respuesta de humedad					
Fuente de varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Fcal	Ftab
A:Temperatura	0,382812	1	0,382812	3,33	0,1422
B:Tiempo	0,0078125	1	0,0078125	0,07	0,8073
AB	0,234613	1	0,234613	2,04	0,2265
Error total	0,46035	4	0,115088		
Total (corr.)	1,08559	7			

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza de la (Tabla 4.19), se observa que el factor A e interacción AB existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, mientras que en el factor B no existe diferencia significativa ya que $F_{cal} < F_{tab}$ para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la Figura 4.20, se muestra los efectos principales para los factores A (temperatura) y B (tiempo) con relación a la variable respuesta humedad.

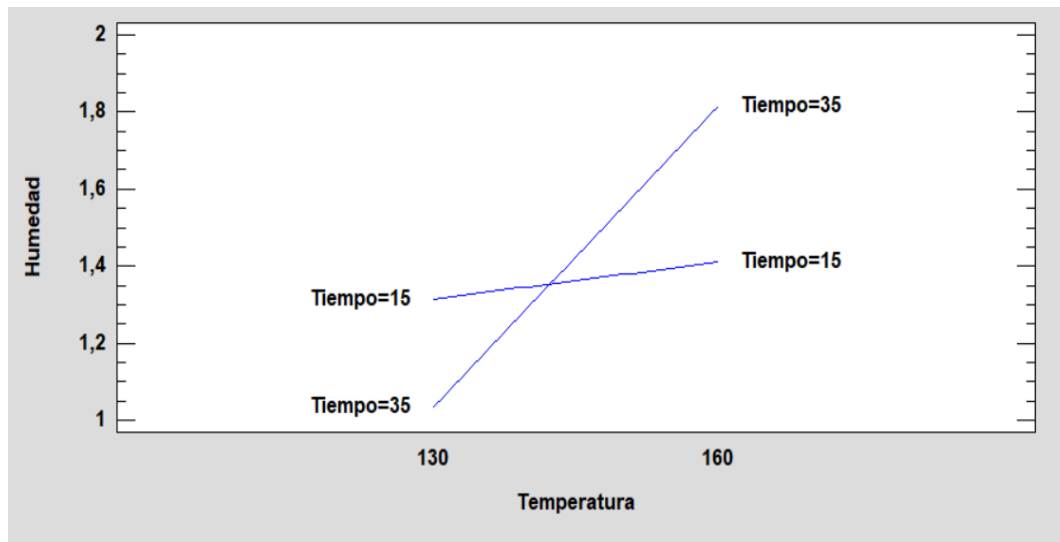


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20: efectos principales para el contenido de humedad

Según la Figura 4.20, se puede observar que los factores de temperatura (130 – 160) °C incide significativamente sobre la variable respuesta humedad en un nivel bajo y alto mientras que el tiempo (15 – 35) min, no incide significativamente en la variable respuesta humedad en un nivel bajo y alto en el proceso de horneado.

En la Figura 4.21, se muestra las interacciones de los factores AB (temperatura – tiempo) en función a la variable respuesta humedad.

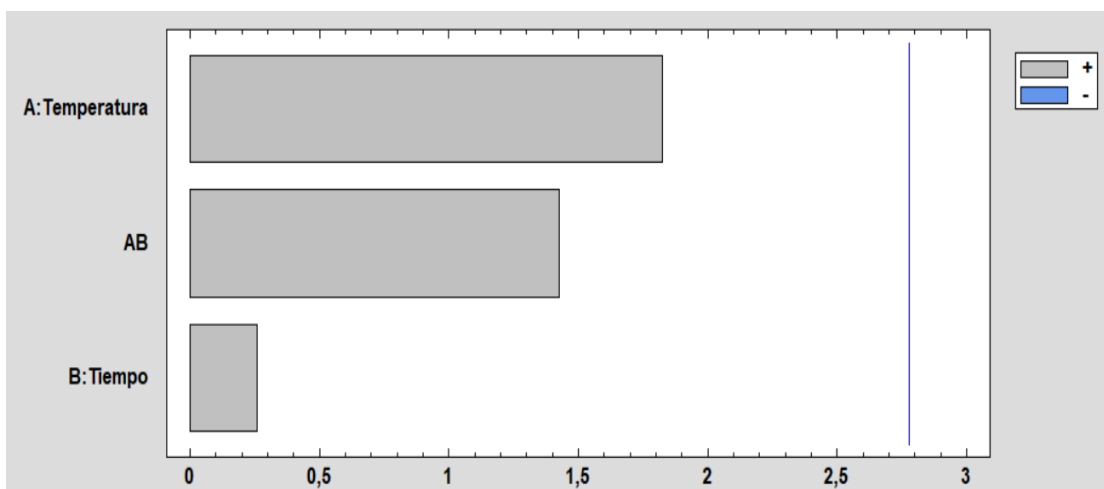


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Interacciones de factores para el contenido de humedad

Según la Figura 4.21, se puede observar que la interacción AB (temperatura – tiempo), en su nivel bajo y alto son significativos ya que los factores de las variables interactúan entre sí.

En la Figura 4.22, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial, para tal efecto en nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea de referencia con valor de 2,79.



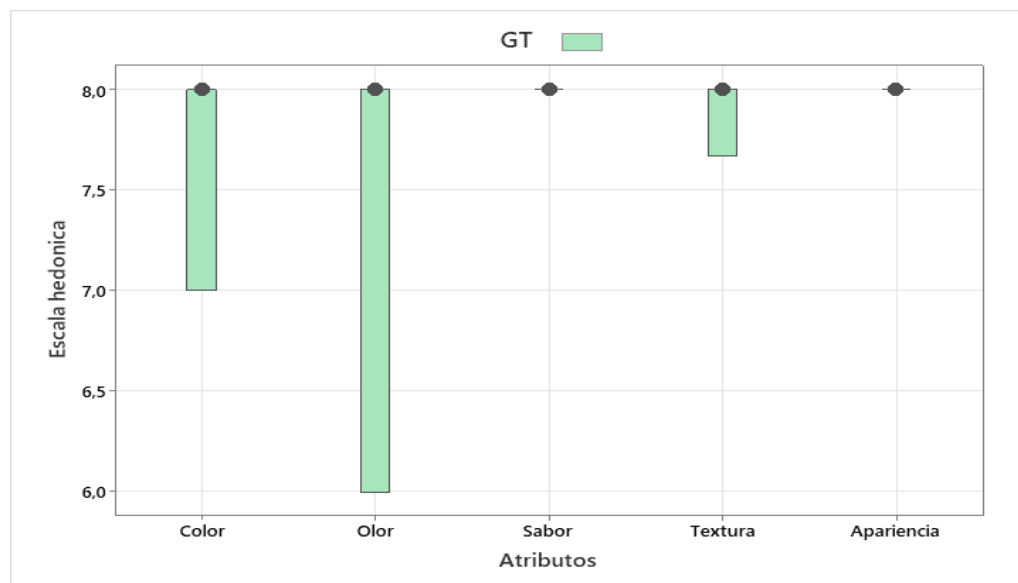
Fuente: Elaboración propia

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

Según la Figura 4.22, se puede observar que los factores A (temperatura), AB (temperatura – tiempo) y B (tiempo), no sobrepasan la línea de referencia por lo tanto no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.6 Evaluación sensorial para la muestra final de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

Se realizó la evaluación sensorial con una escala hedónica de nueve puntos a la muestra GT de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra con el fin de obtener el grado de aceptación con 21 jueces no entrenados, en la Figura 4.23 se muestra los datos estadísticos de caja y bigote, de los datos extraídos del (Anexo C.6).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23: Caja y bigote de la muestra final de galletas dulces

En la Figura 4.23 se observa las medianas en función de los atributos de la muestra final evaluada son: color (8,0), olor (8,0), sabor (8,0), textura (8,0) y apariencia (8,0).

4.7 Caracterización del producto terminado

En la caracterización del producto final se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las galletas dulces con harina de plátano verde y almendra.

4.7.1 Análisis fisicoquímico de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra

En la Tabla 4.20 se detalla los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra.

Tabla 4.20

Análisis fisicoquímico de las galletas dulces		
Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	g/100g	0,90
Ceniza	g/100g	1,87
Grasa	g/100g	15,15
Humedad	g/100g	4,04
Proteína total (Nx6,25)	g/100g	5,50
Hidratos de carbono	g/100g	30,91
Valor energético	Kcal/100g	277,00
Calcio	mg/100g	32,10
Hierro	mg/100g	2,2

Fuente: CEANID, (2025)

4.7.2 Análisis microbiológicos de galletas dulces con harina de plátano verde y almendra

En la Tabla 4.21 se detalla los resultados obtenidos del análisis microbiológico de las galletas dulces con harina de plátano verde y almendra.

Tabla 4.21

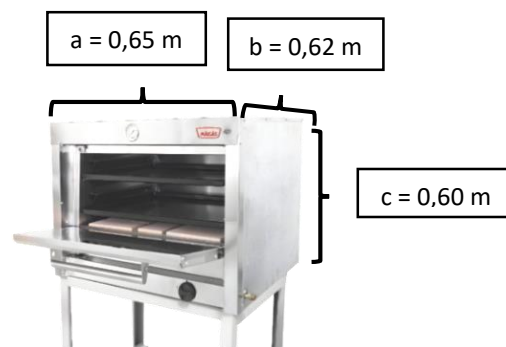
Análisis microbiológico de las galletas dulces		
Microorganismos	Unidad	Resultado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	<1,0x10 ¹ (*)
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	<1,0x10 ¹ (*)

Fuente: CEANID, (2025)

4.8 Balance de energía en la etapa de horneado de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra

Para realizar el balance de energía en la etapa del horneado en las galletas se tomó la cantidad de calor necesario para calentar el aire dentro del horno, ya que se necesita calor para la cocción de la masa de las galletas y evaporara el agua en la galleta. En la Figura 4.36 se muestra las dimensiones del horno semi industrial tomados de forma manual, para realizar el balance de energía del horneado de las galletas dulces con harina de plátano verde y almendra.

Se realizó el balance de energía para 691,27 g de masa de galleta dulce para lo cual los cálculos detallados en base a las condiciones de la ciudad de Tarija como ser: altura 1834 msnm y una presión atmosférica de 759,81 mmHg.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36: Dimensiones del horno semi industrial

Para encontrar el volumen del horno se tomó la siguiente ecuación:

$$V = a \times b \times c$$

Ecuación 4.28

Donde:

V = volumen de aire m³

a = ancho del horno (0,65 m)

b = base del horno (0,62 m)

c = altura del horno (0,60 m)

4.10.1 Balance de energía para calentar el horno

Para determinar el calor necesario para calentar el aire dentro del horno, primeramente, se determinó el volumen del horno semi industrial utilizando la (ecuación 4.28).

Reemplazar los datos obtenidos en la ecuación 4.28, para determinar el volumen del horno:

$$V = a \times b \times c$$

$$V = (0,65 \times 0,62 \times 0,60) \text{ m}^3$$

$$V = 0,24 \text{ m}^3 \text{ volumen del horno}$$

Para determinar la masa del aire dentro del horno se utilizó la fórmula de densidad en base a la ecuación 4.29

$$\rho = m / v \text{ (Helmenstine, 2024)}$$

Ecuación

4.29

Donde:

$$\rho = \text{densidad del aire (1,2 kg/m}^3\text{) (Helmenstine, 2024)}$$

$$m = \text{masa del aire (Kg)}$$

$$v = \text{volumen del aire (m}^3\text{)}$$

Despejando m de la ecuación 4.29

$$m = \rho \times v$$

$$m = 1.2 \text{ kg/m}^3 \times 0.24 \text{ m}^3$$

$$m = 0,29 \text{ kg masa de aire}$$

Una vez establecido la masa del aire dentro del horno, se determine el calor necesario para calentar el aire dentro del horno que inicia en 23 °C y alcanza una temperatura de 160 °C

$$Q_{\text{aire}} = m_{\text{aire}} \times C_{p\text{aire}} \times \Delta T \text{ (Rointe, 2019)}$$

Ecuación 4.30

Donde:

Q_{aire} = Calor necesario para calentar el aire en el horno (kcal)

m_{aire} = masa del aire (0,29 kg)

$C_{p\text{aire}}$ = capacidad calorífica del aire (0,24 kcal/kg°C) (Rointe, 2019)

ΔT = variación de temperatura en el horno (160 – 23) °C

Reemplazando los datos en la ecuación 4.30

$$Q_{\text{aire}} = m_{\text{aire}} \times C_{p\text{aire}} \times \Delta T$$

$$Q_{\text{aire}} = 0,29 \text{ kg} \times 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times (160 - 23) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{aire}} = 9,53 \text{ kcal}$$

4.10.2 Balance de energía para la cocción de la masa de la galleta dulce

Para determinar el calor necesario para la cocción de la masa de las galletas, se determina el C_p de las galletas:

$$C_{p\text{galleta}} = M_H \times C_{pH} + M_{HC} \times C_{pHC} + M_P \times C_{pP} + M_{MG} \times C_{pMG} + M_C \times C_{pC} \text{ (Pérez, 2024)}$$

Ecuación 4.31

Donde:

$M_H, M_{HC}, M_P, M_{MG}, M_C$ = masa de los componentes del alimento

$C_{pH}, C_{pHC}, C_{pP}, C_{pMG}, C_{pC}$ = calor específico de los componentes del alimento

Tabla 4.22

Componente	Calor específico kcalorias / kg °C
Humedad	0,99
Hidratos de carbono	0,33
Proteína	0,38
Materia grasa	0,41
Ceniza	0,19

Fuente: Pérez, 2024

Para los valores de la masa del alimento se tomó en cuenta los resultados obtenidos del análisis de las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra de la tabla (Anexo 4.1) del (Anexo A).

Reemplazando los datos en la ecuación 4.31, se halla el Cp de la masa de la galleta

$$Cp_{galleta} = M_H \times Cp_H + M_{HC} \times Cp_{HC} + M_P \times Cp_P + M_{MG} \times Cp_{MG} + M_C \times Cp_C$$

$$Cp_{galleta} = 0,0404 \times 0,99 + 0,6091 \times 0,33 + 0,1045 \times 0,38 + 0,2219 \times 0,41 + 0,0241 \times 0,19$$

$$Cp_{galleta} = 0,0399 + 0,2010 + 0,0397 + 0,0909 + 0,004579$$

$$Cp_{galleta} = 0,3760 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

Una vez determinado el Cp de las galletas dulces con harina de plátano verde y almendra, se determina el calor necesario para la cocción de la masa con la siguiente ecuación

$$Q_{galleta} = m_{galleta} \times Cp_{galleta} \times \Delta T + m_{agua \text{ evap}} \times \lambda \quad \textbf{Ecuación 4.32}$$

Donde:

$Q_{galleta}$ = calor necesario para la cocción de la galleta (Kcal)

$m_{galleta}$ = masa de la galleta (0,61011 Kg)

$Cp_{galleta}$ = calor específico de la galleta (Kcal/Kg $^\circ$ C)

$m_{agua \text{ evap}}$ = masa de agua evaporada (0,2871 Kg)

λ = calor latente de evaporación del agua (538,86 kcal/Kg)

ΔT = variación de la temperatura (160 – 23) $^\circ$ C

Reemplazando los datos en la ecuación 4.32

$$Q_{galleta} = m_{galleta} \times Cp_{galleta} \times \Delta T + m_{agua \text{ evap}} \times \lambda \quad \textbf{Ecuación 4.32}$$

$$Q_{\text{galleta}} = 0,610 \text{ kg} \times 0,3760 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} \times (160 - 23) ^{\circ}\text{C} + 0,2871 \text{ kg} \times 538,86 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_{\text{galleta}} = 186,13 \text{ kcal}$$

4.9 Balance de energía para determinar la cantidad de calor total para elaborar galletas dulces con harinas plátano verde y almendra

Para determinar la cantidad de calor total necesario para elaborar galletas se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_T = Q_{\text{aire}} + Q_{\text{Galleta}} \quad \textbf{Ecuación 4.33}$$

Donde:

Q_T = calor total para el proceso

Q_{aire} = Calor necesario para calentar el aire en el horno (kcal)

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

Reemplazando los datos en la ecuación 4.33

$$Q_T = Q_{\text{aire}} + Q_{\text{Galleta}}$$

$$Q_T = 9,53 \text{ kcal} + 186,13 \text{ kcal}$$

$$Q_T = 195,66 \text{ kcal}$$

La cantidad de calor necesario para el proceso de elaboración de las galletas dulces con harina de plátano verde y almendra fue de 195,66 Kilo-calorías.

CAPITULO V

5.1 Conclusiones

En el presente trabajo de investigación de elaboración de galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra, según los datos obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

Según el análisis fisicoquímico realizado en el CEANID la harina de trigo 0000 presentó: 2,65 g/100g Fibra, 0,54 g/100g Ceniza, 1,65 g/100g Grasa, 10,59 g/100g Humedad, 10,25 g/100g Proteína total (Nx5,70), 76,94 g/100g Hidratos de carbono y 364,00 kcal/100g de Valor energético. El análisis microbiológico de la harina de trigo 0000 presenta: $8,0 \times 10^1$ UFC/g de *Coliformes totales* y $1,1 \times 10^2$ UFC/g de *Mohos y levaduras*.

Según el análisis fisicoquímico en el CEANID la harina de plátano verde presento: 0,90 g/100g Fibra, 2,56 g/100g Ceniza, 0,61 g/100g Grasa, 6,92 g/100g Humedad, 3,82 g/100g Proteína total (Nx6,25), 86,02 g/100g Hidratos de Carbono, 365,00 kcal/100g de Valor energético, 9,8 mg/100g Calcio y 1,23 g/100g Hierro. El análisis microbiológico de la harina de plátano verde presenta: $<1,0 \times 10^1 (*)$ UFC/g de *Coliformes totales* y $2,6 \times 10^2$ UFC/g de *Mohos y levaduras* donde (*) no se observa desarrollo de colonias.

Según el análisis fisicoquímico de la harina de almendra realizados en el CEANID presentó: n.d. g/100g Fibra, 9,89 g/100g Ceniza, 8,11 g/100g Grasa, 7,36 g/100g Humedad, 41,55 g/100g Proteína total (Nx5,18), 33,22 g/100g Hidratos de carbono, 372,00 kcal/100g de Valor energético, 48,00 g/100g Calcio y 7,43 g/100g Hierro. El análisis microbiológico de la harina de almendra presenta: $<1,0 \times 10^1 (*)$ UFC/g de *Coliformes totales* y $2,0 \times 10^2$ UFC/g de *Mohos y levaduras* donde (*) no se observa desarrollo de colonias.

Realizando la evaluación sensorial a la muestra final de galletas dulce para los atributos: color, olor, sabor, textura y apariencia presenta un valor de 8,0 en una escala hedónica de 9 puntos

Según el análisis fisicoquímico realizado en el CEANID las galletas dulces con harinas de plátano verde y almendra presento: 0,83 g/100g Fibra, 2,41 g/100g Ceniza, 22,19 g/100g Grasa, 4,04 g/100g Humedad, 10,45 g/100g Proteína total (Nx6,25), 60,91 g/100g Hidratos de carbono y 477,00 kcal de Valor energético, 72,1 mg/100g Calcio, 0,83mg/100g Hierro. El análisis microbiológico de las galletas dulces con harinas de plátano ver y almendra presenta: $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g de *Coliformes totales* y $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g de *Mohos y levaduras* donde (*) no se observa desarrollo de colonias.

Según el balance de energía se determinó que el calor necesario para elaborar galletas dulces con harina de plátano verde y almendra es necesario 195,66 kcal para obtener 610,11 g de galletas dulces.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda elaborar productos alimenticios a base de harinas como ser: plátano, almendras, coco, etc. Con la finalidad de obtener productos de calidad nutricional para la población de Tarija de la provincia Cercado.

Se recomienda hacer investigaciones de nuevos productos utilizando la materia prima que se venden en los mercados de la ciudad de Tarija para elaborar productos nutritivos y enriquecidos que beneficien a la población del departamento de Tarija.

Se recomiendo tener los equipos de laboratorio estén en buenas condiciones para poder realizar a cabo el proyecto de investigación