

ELABORACIÓN DE GALLETA CON HARINA DE MAÍZ MORADO

MAKING COOKIES WITH PURPLE CORN FLOUR

Fecha de recepción: 31/05/2023 | Fecha de aceptación: 15/06/2023

Autores:

Aramayo Churquina Rocio Teresa¹

Ramírez Ruiz Erick²

¹Estudiante de la Carrera de Ingeniería de Alimentos
Facultad de Ciencias y Tecnología, UAJMS

²Ingeniero Químico y de Alimentos, Docente Dpto. Biotecnología
en la Facultad de Ciencia y Tecnología UAJMS

Correspondencia del autor (es): teeresaramayo@gmail.com¹, ramirezruiz@yahoo.com.ar²

Tarija - Bolivia

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Taller de Alimentos y Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos dependientes de la Facultad de Ciencias y Tecnología. Para la elaboración de galleta con harina de maíz morado. Por lo tanto, se utilizó la harina de trigo (0000) y harina de maíz morado (kculli). Se aplicó el proceso de elaboración que consiste: mezclado, amasado, laminado, moldeado, horneado, enfriado, envasado.

Los análisis fisicoquímicos a la harina de trigo son: fibra 1,09%, humedad 9,36%, proteína total 9,92%, valor energético 364,84 Kcal/100g, gluten húmedo 26,16% y a la harina de maíz morado son: fibra 0,52%, 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.

En la elaboración de galleta se realizó por el método de preparación por cremado, después se incorporó harina de maíz morado para establecer la dosificación ideal, la muestra G12 presentando mayor significancia $P > 0,05$. El diseño experimental 2^3 , se realizó variando tres factores: (A) harina de maíz morado, (B) manteca vegetal, (C) almidón de maíz. El diseño experimental 2^2 , se realizó variando dos factores: (A) temperatura y (B) tiempo, donde la muestra H04 presento mayor significancia $P > 0,05$.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la galleta con harina de maíz morado son: fibra 0,37%, materia grasa 16,10%, humedad 7,02%, proteína total 6,17%, valor energético 439,5 Kcal/100 g, gluten húmedo (n.d.), calcio 324 mg/100g y fósforo 280 mg/100g, Coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g, Mohos y Levaduras $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the Food Workshop Laboratory and the Academic Laboratory of the Food Engineering Career dependent on the Faculty of Science and Technology for the preparation of cookies with purple corn flour. Therefore, wheat flour (0000) and purple corn flour (kculli) were used. The elaboration process that consists of: mixing, kneading, rolling, molding, baking, cooling, packaging was applied.

The physicochemical analyzes of wheat flour are: fiber 1.09%, moisture 9.36%, total protein 9.92%, energy value 364.84 Kcal/100g, wet gluten 26.16% and purple corn flour are: fiber 0.52%, moisture 8.74%, total protein 7.02% and energy value 386.24 Kcal/100g, wet gluten (n.d.), calcium 7.10 mg/100g, phosphorus 100.30 mg/ 100g.

In the preparation of cookies, it was carried out by the method of preparation by creaming, then purple corn flour was incorporated to establish the ideal dosage, the sample G12 presenting greater significance $P > 0.05$. Experimental design 2^3 was carried out by varying three factors: (A) purple corn flour, (B) vegetable shortening and (C) corn starch. Experimental design 2^2 was carried out by varying two factors: (A) temperature and (B) time, where sample H04 presented greater significance $P > 0.05$.

The physicochemical and microbiological analyzes of the cookie with purple corn flour are: fiber 0.37%, fat 16.10%, moisture 7.02%, total protein 6.17%, energy value 439.5 Kcal/100 g, wet gluten (n.d.), calcium 324 mg/100g, phosphorus 280 mg/100g, total coliforms $< 1.0 \times 10^1$ CFU/g, molds and yeasts $< 1.0 \times 10^1$ CFU/g.

Palabras Clave: Galleta, harina de maíz morado (kculli), harina de trigo (0000), proceso de elaboración.

Keywords: Cookie, purple corn flour (kculli), wheat flour (0000), manufacturing process.

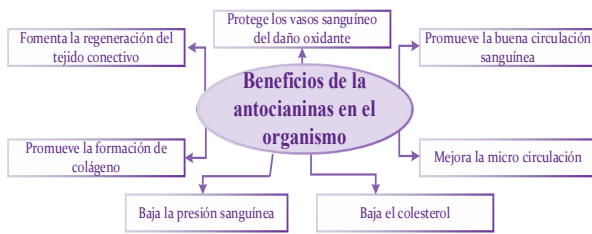
1. INTRODUCCIÓN

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).

Hay diferentes variedades de maíz morado, todas ellas provienen de una línea ancestral denominada "Kulli" (Castillo, 2019).

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. En la Figura 1, se observa los beneficios del maíz morado en el organismo.

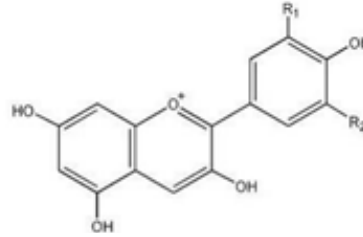
Figura 1: Beneficios de maíz morado en el organismo



Fuente: Ipanaque, 2016

Según (Aguilera et al., 2011), indica que las antocianinas (Figura 2) 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.

Figura 2: Estructura química antocianina



Fuente: Palacios, 2011

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.

Tabla 1: Producción de maíz morado en Tarija

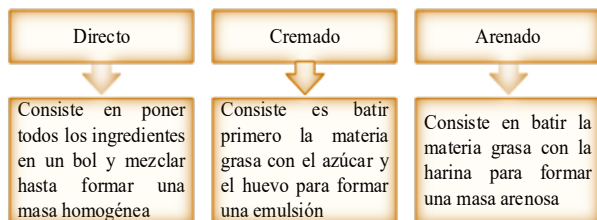
Provincia	Localidad	Raza	Variedad
Méndez	San Lorenzo	Kulli	Kulli
Arce	Tariquia	Kulli	Garrapata
Cercado	Junacas	Kulli	Maíz negro

Fuente: FONAMA, 1998

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

La forma en la que mezclamos los ingredientes también determina la textura que tendrán las galletas. Hay tres métodos principales (Figura 3) para hacer galletas: directo, cremado, arenado.

Figura 3: Métodos de preparación de galletas con harina de trigo



Fuente: García, 2013

2. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología que se utilizó en el presente trabajo es:

Paradigma investigativo

Según (Hernández et al., 2014) paradigma positivista cuantitativo se basa recolección de datos y análisis estadísticos de resultados, con el fin de comprobar la hipótesis planteada en un trabajo. (Pág.4).

Tipo de investigación

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)

Enfoque de la investigación

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. (Pág. 12)

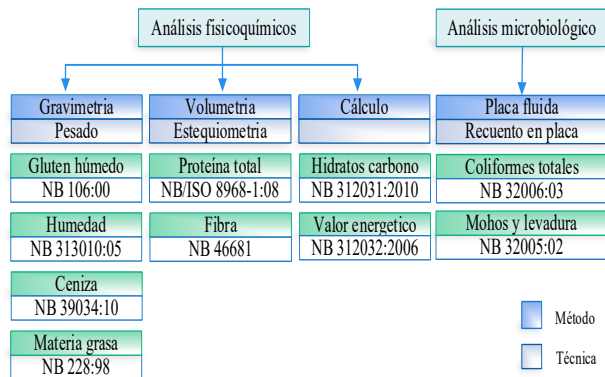
Métodos- técnicas e instrumentos

El método según (Baena, 2017) se encuentra vinculado la observación de hechos empíricos y con los conocimientos teóricos escritos, seguido de un control en el proceso. Para (Ñaupas et al., 2014), las técnica e instrumentos de investigación se refieren a los procedimientos y herramientas mediante las cuales se recogen datos para probar la hipótesis planteada.

Análisis fisicoquímicos a la harina de trigo

En la Figura 4, se muestran los análisis fisicoquímicos que se realizaron en la harina de trigo.

Figura 4: Análisis fisicoquímicos a la harina de trigo

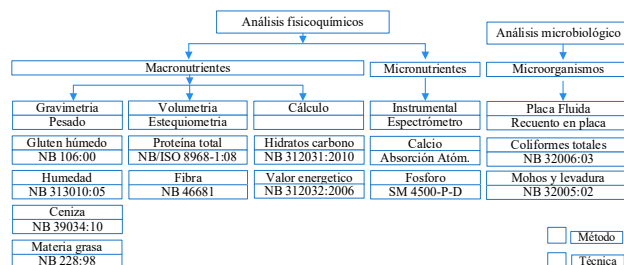


Fuente: Elaboración propia

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos a la harina de maíz morado y galleta con harina de maíz morado

En la Figura 5, se muestran los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se realizaron en la harina de maíz morado (kulli) y galleta (producto terminado)..

Figura 5: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos a la harina de maíz morado y galleta



Fuente: Elaboración propia

Materiales y método

Materiales

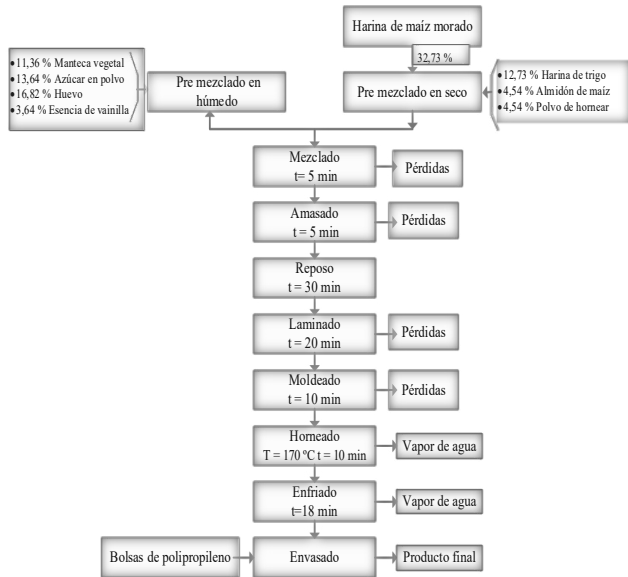
Se utilizó como materia prima harina de trigo y harina de maíz morado (kulli). Los insumos alimentarios: azúcar en polvo, almidón de maíz, esencia de vainilla, manteca vegetal, polvo de hornear, huevo y propionato de calcio. En cuanto a los equipos se utilizaron: horno industrial, batidora manual,

laminadora, refrigerador, selladora eléctrica; entre los instrumentos están dos balanzas digitales, bureta digital, pH - metro, termo balanza, tamizador, agitador magnético y entre los materiales de laboratorio fueron: mortero, matraz aforrado, vaso precipitado, espátula, frasco lavador, etc.

Diagrama de flujo del proceso del proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado

En la Figura 6, se describe el diagrama de flujo del proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado.

Figura 6: Diagrama de flujo de elaboración de galleta con harina de maíz morado



Fuente: Elaboración propia

Pre mezclado húmedo

El pre mezclado en húmedo se mezcló con una batidora manual con los siguientes ingredientes húmedos fueron: 11,36 % manteca vegetal, 13,64 % azúcar en polvo, 16,82 % huevos y 3,64 % esencia de vainilla con el fin de hacer una emulsión a velocidad media, hasta formar una crema suave y esponjosa.

Pre mezclado en seco

El pre mezclado de ingredientes secos se realizó tamizando: 32,73 % harina de maíz morado, 12,73 %

harina de trigo, 4,54 % almidón de maíz, 4,54 % polvo de hornear con el fin de eliminar grumos en la harina, así también, para airear las partículas en la harina

Mezclado

Se mezcló ambas pre mezclas 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.

Amasado y reposo

El amasado, se realizó hasta obtener una masa firme, por un tiempo de 5 minutos, en forma envolvente evitando se active el gluten que ocasiona una galleta dura. Se llevó a reposo la masa de galletas al 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.

Laminado y moldeado

El laminado se realizó extendiendo 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 con un molde circular de acero inoxidable con un diámetro de 3 cm.

Horneado

El horneado de la masa se realizó en un horno semi industrial, donde se procedió a precalentar el horno. Una vez moldeado la masa cruda de galletas 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.

Enfriado y envasado

Una vez que se saca la bandeja de galletas ya cocidas 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. 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 adquiera humedad u olores extraños del ambiente

Análisis sensorial

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

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.

Diseño experimental

Se utilizó dos tipos de diseño experimentales (Ramírez, 2022); el primero en el proceso de dosificación en base a un diseño factorial 2³ con ocho tratamientos haciendo variar el % de dosificación de tres factores A (harina de maíz morado) B (manteca vegetal) C (almidón de maíz) y controlando la variable respuesta de contenido de humedad, acidez y pH. El segundo en el proceso de horneado en base al diseño factorial 2² con cuatro tratamientos completamente al azar y midiendo la variable temperatura, tiempo y controlando a la variable respuesta de contenido de humedad en la galleta.

3. RESULTADOS

En base al diseño metodológico se procedió a realizar la caracterización de los resultados obtenido a nivel experimental.

Análisis fisicoquímicos de la harina de trigo

En la Tabla 2; se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de trigo.

Tabla 2: 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	%	9,92
Valor energético	Kcal/100 g	364,84
Gluten húmedo	%	26,16

Fuente: CEANID, 2022

Análisis fisicoquímicos de la harina de maíz morado

En la Tabla 3, se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de maíz morado.

Tabla 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

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.

Ensayos preliminares

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. Así mismo, en función a las formulaciones de las galletas con harina de trigo (Ontiveros, 2021), variaron los porcentajes en las muestras (Tabla 6), utilizado como base la harina de trigo, materia grasa y azúcar.

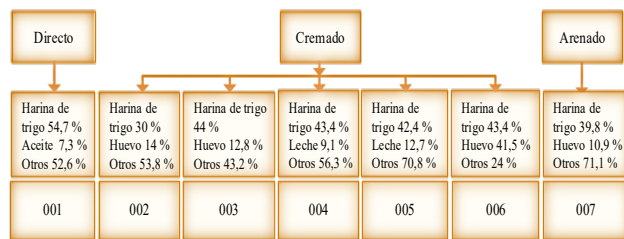
Tabla 4: Variación de formulación de la galleta con harina de trigo

Materia prima / insumos	Rango	Unidad
Harina de trigo	30 - 54,7	%
Materia grasa	7,3 - 23	%
Azúcar	12 - 22,9	%

Fuente: Ontiveros, 2021

En la Figura 7, se detallan los métodos de preparación utilizados para las galletas con harina de trigo de acuerdo a los rangos de formulación en la Tabla 6.

Figura 7: Formulación para ensayos preliminares para la galleta con harina de trigo



Fuente: Elaboración propia

Los ensayos preliminares fueron realizados a través de una valoración subjetiva, donde el método de preparación seleccionado fue el método por cremado, debido a que da una mejor textura crujiente y el método directo que se obtiene una de textura crocante.

Pruebas preliminares galleta con harina de trigo

Las pruebas preliminares se realizaron a partir de dos muestras seleccionadas donde se realizó una variación en materia grasa (mantequilla v., manteca

v, aceite de girasol). Posteriormente se hizo una valoración subjetiva donde las muestras (G02, G03, G04, G05) presentaron mayor preferencia por tener mejor sabor, textura crujiente y arenosa. Las muestras de galleta con harina de trigo (G02, G03, G04, G05) fueron tomadas en cuenta con el fin de obtener dos muestras de galleta con harina de trigo base para incorporar la harina de maíz morado. En la Figura 8, se muestran las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo.

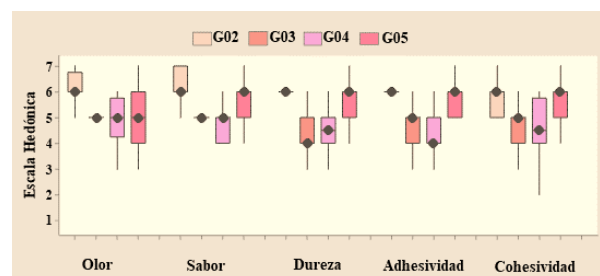
Figura 8: Prueba preliminares de galleta con harina de trigo



Evaluación sensorial para seleccionar muestras pruebas preliminares

La evaluación sensorial para las pruebas preliminares se utilizó escala hedónica de siete puntos en la que se valoraron los atributos: olor, sabor, apariencia y textura (dureza, adhesividad y cohesividad). En la Figura 9, se muestran los resultados estadísticos de caja y bigote.

Figura 9: Caja y bigote para muestras de las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo



Fuente: Elaboración propia

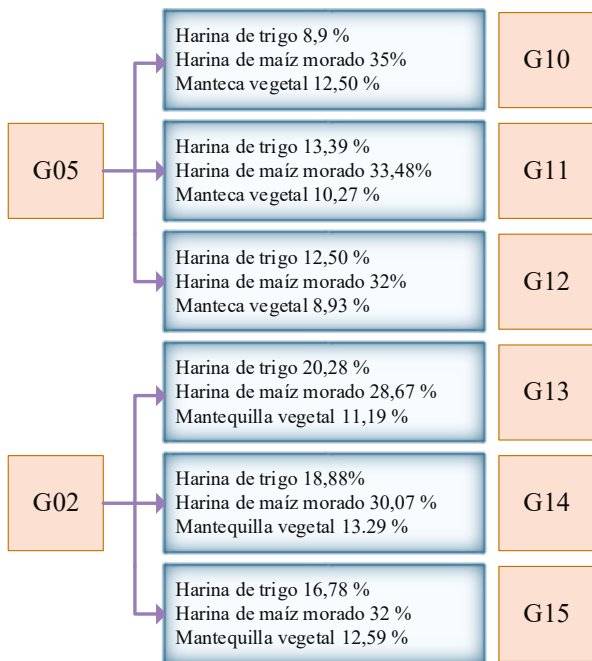
La Figura 9, se puede observar que las muestras G02 y G05 presentan mayor aceptación para una

escala hedónica siete puntos. Así mismo, realizado el análisis estadístico de varianza, se pudo evidenciar que existe diferencia significativa entre los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Pruebas iniciales incorporando la harina de maíz morado

La incorporación de la harina de maíz morado variedad Kulli, a nivel experimental en las pruebas iniciales en las formulaciones de galleta con harina de trigo (G02 - G05); con la finalidad de establecer porcentajes mínimos y máximos que se podrían incorporar. En la figura 10, 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.

Figura 10: Formulación de galletas incorporando harina de maíz morado



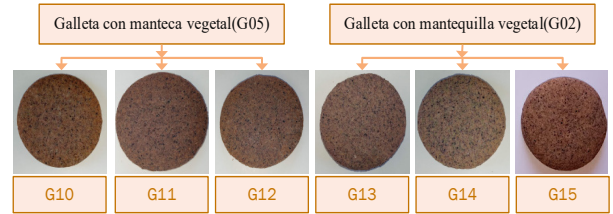
Fuente: Elaboración propia

Selección de muestra en las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado

La Figura 11, se realizó una evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos en la que se

valoraron los atributos: color, sabor, sabor residual y textura.

Figura 11: Selección de pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado en la galleta de trigo



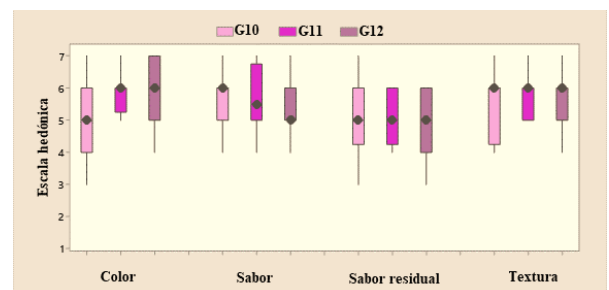
Fuente: Elaboración propia

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

Estadístico de caja y bigote para las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado parte uno

Se realizó una evaluación sensorial con una escala hedónica de siete puntos con los atributos de color, sabor, sabor residual y textura. En la Figura 12, se muestra la primera parte los resultados estadísticos de caja y bigote.

Figura 12: Caja y bigote para pruebas iniciales de la galleta incorporando harina de maíz de morado



Fuente: Elaboración propia

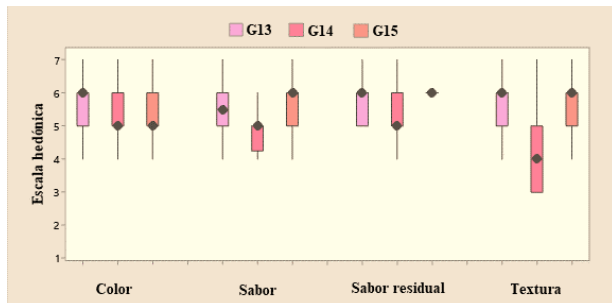
La Figura 12, se puede observar que la muestra G12 tuvo mayor aceptación para escala hedónica de siete puntos. Así mismo, realizando el análisis estadístico

de varianza se pudo observar que para el atributo color presenta leve diferencia significativa para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Estadístico de caja y bigote para las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado parte dos

Se realizó una evaluación sensorial con una escala hedónica de siete puntos con los mismos atributos de color, sabor, sabor residual y textura. En la Figura 13, se muestra los resultados estadísticos de caja y bigote.

Figura 13: Caja y bigote para pruebas iniciales de la galleta incorporando harina de maíz morado



Fuente: Elaboración propia

La Figura 13, se puede observar que la muestra G15 tuvo mayor aceptación para escala hedónica de siete puntos. Sin embargo, realizando un análisis estadístico de varianza se pudo observar que para los atributos color, sabor residual y textura si existe diferencia significativa para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Selección de muestra de galleta incorporando harina de maíz morado

Las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado a las galletas con harina de trigo, muestran a dos muestras elegidas (G12 - G15), en base a su formulación y parámetros de proceso se las tomo en cuenta para elegir una muestra ideal para entrar al diseño experimental. En la Tabla 5, se muestran las formulaciones utilizadas en las muestras.

Tabla 5: 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 6, se muestran el control a los parámetros del proceso realizados en la elaboración de galleta incorporando harina de maíz morado.

Tabla 6: Control de proceso de elaboración de galleta

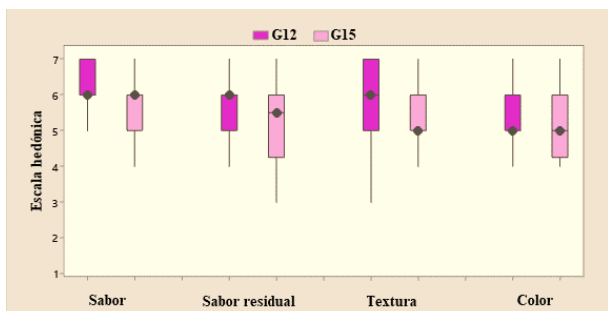
Parámetros	G12	G15
	Tiempo (min)	Tiempo (min)
Mezclado	5	5
Amasado	5	5
Reposo	30	45
Laminado	20	20
Horneado	15	15
Temperatura (°C)		
Horneado	160°C	160°C

Fuente: Elaboración propia

Evaluación sensorial 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 14, se muestra los resultados estadísticos de caja y bigote.

Figura 14: Caja y bigote para la elección de la galleta incorporando harina de maíz morado



Fuente: Elaboración propia

La Figura 14, se puede observar que la muestra G12 tuvo mayor aceptación para escala hedónica de siete puntos. Sin embargo, realizando el análisis estadístico de varianza se pudo observar que si hay diferencia significativa para el atributo sabor para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

La elección de la muestra de la galleta incorporando con harina de maíz morado, según la evaluación sensorial sale la muestra G12, con la mejor aceptación, donde en base a su dosificación y parámetros de proceso (Tabla 7), se tomó en cuenta la muestra G12 como galleta ideal para entrar al diseño dosificación.

Tabla 7: 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

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

En el diseño factorial 2³ (Ramírez, 2022) en la etapa de dosificación se tomó la muestra G12, para realizar la variación de las dosificaciones controlando tres factores: A (% harina de maíz morado), B (% manteca vegetal) y C (% almidón de maíz) de los cuales se controló pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad de la galleta.

Contenido de humedad en la etapa de dosificación

El contenido de humedad medido en base húmeda se realizó en la termo balanza, donde se aplicó el diseño experimental a través de un análisis estadístico (Tabla 8) anova.

Tabla 8: Análisis de varianza en función al contenido de Humedad

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	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

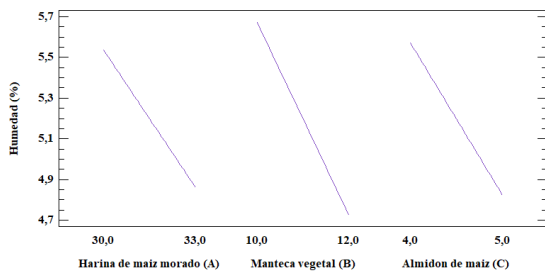
*Significativo

En la Tabla 8, se puede observar que, 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), BC (manteca vegetal-almidón de maíz), ABC (harina de maíz morado-manteca vegetal-almidón de maíz),

si existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la figura 15, se muestra los efectos principales para los factores; A (harina de maíz morado), B (manteca vegetal), C (almidón de maíz) con relación al contenido de humedad.

Figura 15: Efectos principales para contenido de humedad

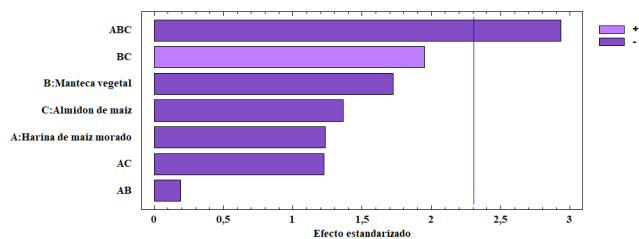


Fuente: Elaboración propia

En la figura 15, se puede observar que los tres factores: A (harina de maíz morado), B (manteca vegetal), C (almidón de maíz), influyen significativamente sobre el contenido de humedad (%), tanto en nivel bajo y nivel alto (10 – 12) % para el factor B donde el contenido de humedad tiene una variación de (4,8 – 5,6) %, aumentando a nivel bajo.

En la Figura 16, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados. 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 significancia $\alpha = 0,05$.

Figura 16: Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 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 significancia $\alpha = 0,05$.

Medición pH en la etapa de dosificación

La medición del pH se aplicó el diseño experimental a través de un análisis estadístico (Tabla 9) para realizar el análisis se utilizó norma INEN0095.

Tabla 9: Análisis de Varianza en función al pH

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	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			

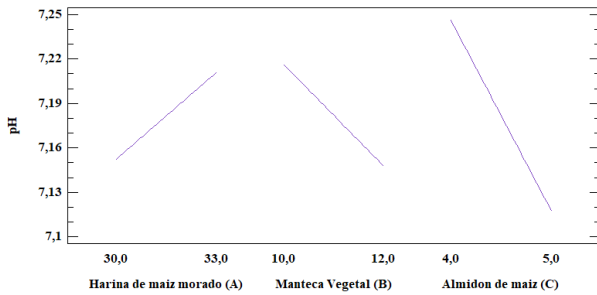
Fuente: Elaboración propia

*Significativo

En la Tabla 9, se puede observar que para los factores: A (harina de maíz morado), B (manteca vegetal), C (almidón de maíz), la interacción AC (harina de maíz morado-almidón de maíz), AB (harina de maíz morado-manteca vegetal), si existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, en la etapa de dosificación, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la Figura 17, se muestra los efectos principales para los factores; A (harina de maíz morado), B (manteca vegetal), C (almidón de maíz) con relación al pH.

Figura 17: Efectos principales para el pH

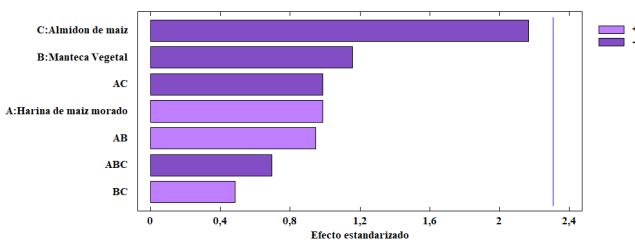


Fuente: Elaboración propia

La Figura 17, se puede observar que el factor C (almidón de maíz) influye significativamente sobre el pH, para un rango (4 - 5) %, por tanto, a nivel bajo de factor C existe aumento de pH (7,12 -7,25)

En la Figura 18, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizando. 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 significancia $\alpha = 0,05$.

Figura 18: Diagrama de Pareto estandarizado para el pH



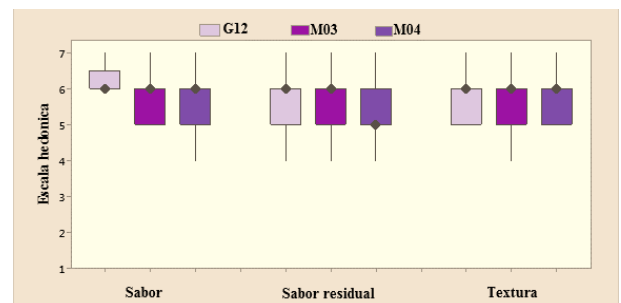
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 18, se puede observar que ninguno de los factores: A (harina de maíz morado), B (manteca vegetal), C (almidón de maíz) ni interacción AC (harina de maíz morado-almidón de maíz), AB (harina de maíz morado- manteca vegetal), BC (manteca vegetal-almidón de maíz), ABC (harina de maíz morado-manteca vegetal-almidón de maíz), sobrepasan la línea de referencia, por tanto, no son estadísticamente significativos, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

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 ideal 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. En la Figura 19, se muestran los estadísticos de la caja y bigote.

Figura 19: Caja y bigote de diseño experimental y muestra ideal



Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 19, se observar que la muestra G12 tuvo mayor aceptación para escala hedónica de siete puntos. Así mismo, realizado el análisis estadístico, se pudo evidenciar que hay diferencia significativa entre los atributos sabor y sabor residual para nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

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 en la etapa de horneado para elaborar la galleta con harina de maíz morado, donde se controló dos factores: A (temperatura), B (tiempo) después se tomó en cuenta el contenido de humedad en base húmeda en la galleta.

Contenido de humedad

Aplicando el diseño experimental se tomaron en cuenta dos factores: A (temperatura), B (tiempo) del cual se controló el contenido de humedad de la galleta.

El contenido de humedad medido en base húmeda se realizó en la termo balanza, donde se aplicó el diseño experimental a través de un análisis estadístico (Tabla 10) anova.

Tabla 10: Análisis de varianza en función al contenido de humedad

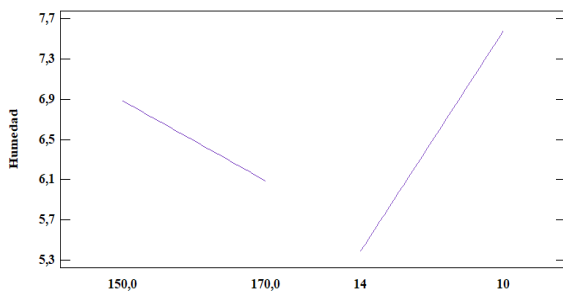
Fuente de varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Fcal	Ftab
Factor A	1,26	1	1,264	130,65	0,00*
Factor B	9,59	1	9,59	991,44	0,00*
Interacción AB	10,81	1	10,81	1117,44	0,00*
Error total	0,03	4	0,01		
Total	21,70	7			

Fuente: Elaboración propia *Significativo

En la Tabla 10, 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 significancia $\alpha = 0,05$.

En la Figura 20, se muestra los efectos principales para los factores; A (temperatura), B (tiempo) con relación al contenido de humedad (%).

Figura 20: Efectos principales para el contenido de humedad



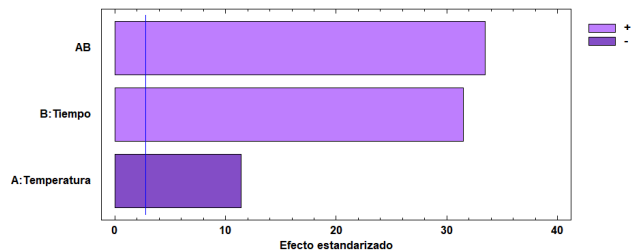
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 20, se puede observar que el factor B (tiempo), influye significativamente en el contenido

de humedad (%) para un rango entre (14 - 10) min, por lo tanto, a un nivel alto el factor B disminuye su contenido de humedad en el proceso de horneado.

En la Figura 21, 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 significancia $\alpha = 0,05$.

Figura 21: Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 21, se puede observar que todos los factores: A(temperatura), B (tiempo) e interacción AB (temperatura-tiempo) sobrepasan la línea de referencia, por tanto, son estadísticamente significativos, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la Tabla 11, se muestra los factores óptimos para el proceso de horneado de la galleta con harina de maíz morado, para el contenido de humedad.

Tabla 11: Factores óptimos para el contenido de humedad en proceso de horneado de la galleta

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

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11, se puede observar que los factores óptimos para el proceso de horneado son la interacción AB (H04): factor A (temperatura) es

igual a 170 °C y el factor B (tiempo) es igual a 10 min, obteniendo el valor más óptimo para el contenido de humedad (8,12) % 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.

Caracterización del producto terminado galleta con harina de maíz morado

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

Análisis fisicoquímico de la galleta con harina de maíz morado

En la Tabla 12, se muestran los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la galleta con harina de maíz morado.

Tabla 12: 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 12, se observa que en 100g de muestra de galleta presenta calcio de 324,0mg y fósforo de 380,0mg cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de micronutrientes.

Análisis microbiológico de la galleta con harina de maíz morado

En la Tabla 13, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de maíz morado.

Tabla 14: Análisis microbiológico de la galleta con harina de maíz morado

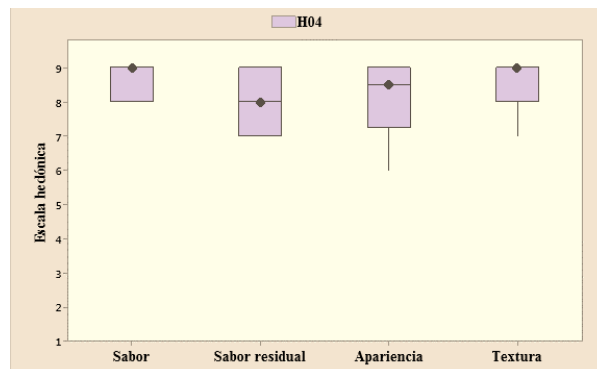
Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	< 1,0 × 10 ¹ (*)
Mohos y Levadura	UFC/g	< 1,0 × 10 ¹ (*)

Fuente: CEANID, 2022

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 el grado de aceptación que presenta la galleta. En la Figura 22, se muestran los estadísticos de caja y bigote.

Figura 22: Caja y bigote de diseño muestra final de galleta con harina de maíz morado



Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 22, 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. DISCUSIONES

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 %.

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.

Realizado la evaluación sensorial de las pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado a la galleta con harina de trigo se tomó en cuenta la muestra G12, debido a que presenta mayor significancia para el atributo de sabor para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

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 para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Para el diseño experimental 2^2 en la etapa de horneado, se pudo concluir que las interacciones de los factores AB (temperatura - tiempo) son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Según el análisis fisicoquímico realizado en el producto final galleta con harina de maíz morado

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.

5. BIBLIOGRAFÍA

- 🔖 Aguilera, O. Reza, V. Chew, M. & Meza, V. (2011). "Propiedades funcionales de las antocianinas". Recuperado de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/viewFile/81/75>
- 🔖 Baena, G. (2017). "Metodología de la investigación". Recuperado de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia/investigacion.pdf
- 🔖 Bernal, C. (2010). "Metodología de la investigación". Recuperado de <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/15hLMuOdEuV6eYrhtA9rCspPzjI9KeSd>
- 🔖 Canaza, E. (2015). "Estudio para la ampliación y diversificación de productos para la empresa Pastelería Victoria's". (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- 🔖 Castillo, R. (2019). "Selección por intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays L)". (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8304/BC-4703%20CASTILLO%20ALTAMIRANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- 🔖 Carrasco & Sánchez, (2019). "Determinación de la aceptabilidad de galletas elaboradas con diferentes concentraciones de harina de coronta de maíz morado (*Zea mays l*)". (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8143/BC-4563%20CARRASCO%20CARRANZA->
- 🔖 CEANID. (2021). "Centro de Análisis, Investigación, Desarrollo". Tarija- Bolivia. Dependiente Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
- 🔖 García, V. (2013). "Como hacer galletas veganas". CreatiVegan.net. Recuperado de <http://www.creativegan.net/descargas/GalletasVeganas.pdf>
- 🔖 Fondo Nacional para el medio Ambiente. (1998). "Catálogo de recursos genéticos de maíces bolivianos". Recuperado de https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Catalogo_Bolivianosp
- 🔖 Hernández, R. Fernández, C. Baptista, M., (2014). "Metodología de la investigación". Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wpcontent/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- 🔖 Hernández, V. (2016). "Extracción de antocianina a partir de maíz morado (*zea mays l*) para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria". (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/878/BC-TE55646.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 🔖 Hernández, E. (2005). "Evaluación sensorial". Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/45917368/Hernandez-2005-evaluacionsensorial>
- 🔖 Ipanaque, A. (2016). "Parámetros físico-químicos para la obtención de extractos de maíz morado y propuesta de diseño de planta". (Tesis de pregrado). Universidad de Piura. Perú. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2744/ING_577.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 🔖 Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., Villagómez, A. (2014). "Metodología de la investigación cuantitativa- cualitativa y redacción de tesis". Recuperado de [https:// www.edicionesdelau.com](https://www.edicionesdelau.com).
- 🔖 Ontiveros, A., (2021). "Recetas de galletas". Obtenido de físico de Provincia Arce
- 🔖 Palacios, S. (2011). "Efecto de las condiciones de lixiviación del maíz morado (*Zea mays l*) en la concentración de antocianinas de la chicha morada". (Tesis de pregrado). Universidad San Ignacio de Loyola. Perú. Recuperado de <https://repositorio.usil.edu.pe/items/bff703f5-de78-414e-962c-12a40b4b3730>
- 🔖 Ramírez, R. E. (202). Diseño experimental 2k aplicado en la ingeniería de alimentos. Carrera de Ingeniería de Alimentos-UAJMS. Tarija- Bolivia.