



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN DESARROLLO E INNOVACIÓN DE ALIMENTOS

TEMA: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) POR CASCARILLA DE CACAO EN POLVO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y TECNOLÓGICAS DE GALLETAS

Autores:

Xavier Andres Abarca Arroyo

Gisella Sofia Parra Arcos

Docente:

Emilia Vintimilla, MSc.

2023

Resumen

Uno de los principales residuos de la industria del chocolate es la cascarilla de cacao, la cual ha sido bastante estudiada por sus beneficios, propiedades nutricionales y por la presencia de compuestos bioactivos. Por esta razón, se ha estudiado la manera de darle un uso a este subproducto, reducir el impacto ambiental y convertirlo en materia prima. En el estudio se utilizó la cascarilla de cacao para el desarrollo de galletas con una sustitución parcial de la harina de trigo. Se realizaron pruebas preliminares para determinar las mejores concentraciones para trabajar. Se empleó un diseño factorial 2x2, con 4 tratamientos experimentales, 1 tratamiento control y 2 factores, concentración de cascarilla de cacao y tipo de edulcorante. Se realizó un análisis sensorial con una escala hedónica de 7 puntos con el fin de determinar el mejor tratamiento según la aceptabilidad de las galletas. Se determinó cual tratamiento fue el que tuvo mayor aceptabilidad y a éste se le realizaron análisis de textura, humedad, bromatológicos, microbiológicos, caracterización de polifenoles y capacidad antioxidante. Las galletas del tratamiento 3 fueron las que tuvieron mayor aceptación. Dichas galletas cumplieron con lo establecido en la normativa para parámetros microbiológicos, pH, proteína, humedad y tuvieron un semáforo alto en grasa y azúcar, con una cantidad de fibra de 13% y cantidad de polifenoles de 256 mg AGE x 100 g-1 de muestra. Se pudo concluir que es posible utilizar la cascarilla de cacao para la elaboración de galletas.

Palabras clave: galletas, cascarilla de cacao, polifenoles, actividad antioxidante

Abstract

One of the main wastes in the chocolate industry is cocoa shell, which has been widely studied for their benefits, nutritional properties, and the presence of bioactive compounds. This is why, it has been studied how use this by product as a raw material and reduce the environmental impact. In the present study, cocoa shell was used as raw material for cookies elaboration with a partial substitution of wheat flour. An experimental design of 4 treatments was carried out with 2 factors, cocoa shell concentration and type of sweetener. In order to determine the best treatment based on the acceptability of the cookies, a sensory analysis was carried out with a 7-point hedonic scale. It was determined which treatment was the one that had the greatest acceptability and on this was carried out bromatological and microbiological analysis, texture and humidity measurement, polyphenol characterization and antioxidant capacity. The cookies from treatment 3 were the ones that had the greatest acceptance in the sensory analysis. These cookies complied with the regulations for microbiological parameters, pH, protein, humidity and had a nutritional traffic light high in fat and sugar, with an amount of fiber of 13% and amount of polyphenols of 256 mg AGE x 100 g⁻¹ of sample. It was concluded that it is possible to introduce cocoa shell flour as an ingredient for the preparation of sweet cookies.

Key words: cookies, cocoa bean shell, polyphenols, antioxidant activity

Índice de contenido

1.	Introducción	1
2.	Marco teórico.....	1
	2.1 Alimentos funcionales	1
	2.2 Polifenoles: Propiedades y beneficios.....	2
	2.3 Métodos de cuantificación de polifenoles	4
	2.4 Información técnica del cacao	6
	2.5 Cascarilla de cacao: Importancia y beneficios	7
	2.6 Procesos para la obtención de cascarilla de cacao	7
	2.7 Tipos de molienda	8
	2.8 Productos a base de cascarilla de cacao	8
	2.9 Galletas	9
	2.10 Propiedades de la harina de trigo	9
	2.11 Propiedades de los edulcorantes.....	10
3.	Planteamiento del problema	11
4.	Identificación del objeto de estudio.....	12
5.	Objetivos	13
	5.1 Objetivo general.....	13
	5.2 Objetivos específicos	13
6.	Justificación	13
7.	Metodología	14
	7.1 Diagrama de flujo para la elaboración de galletas con cascarilla de cacao.....	14
	7.2 Obtención de harina de cascarilla de cacao.....	15
	7.3 Elaboración de galletas.....	15
	7.4 Pruebas preliminares	16
	7.5 Diseño experimental.....	16
	7.6 Medición de dureza	18
	7.7 Determinación de porcentaje de humedad.....	18
	7.8 Análisis sensorial	19

7.9	Análisis bromatológico	19
7.9.1	<i>Determinación de pH</i>	19
7.9.2	<i>Determinación del porcentaje de humedad</i>	20
7.9.3	<i>Determinación de porcentaje de grasa</i>	20
7.9.4	<i>Determinación de porcentaje de proteína</i>	21
7.9.5	<i>Determinación de porcentaje de fibra</i>	21
7.10	Elaboración de tabla y semáforo nutricional	23
7.11	Análisis microbiológicos.....	23
7.11.1	<i>Recuento de mesófilos aerobios</i>	23
7.11.2	<i>Recuento de mohos y levaduras</i>	24
7.12	Análisis químico	24
7.12.1	<i>Medición del contenido de polifenoles totales</i>	24
7.12.2	<i>Evaluación de la actividad antioxidante</i>	24
7.13	Análisis estadístico	24
7.14	Análisis de costos	25
8.	Resultados	25
8.1	Elaboración de galletas.....	25
8.2	Porcentaje de humedad y dureza	26
8.3	Análisis sensorial	26
8.4	Análisis bromatológico	29
8.5	Tabla y semáforo nutricional	29
8.6	Análisis microbiológico.....	31
8.7	Análisis químico	31
8.8	Análisis de costos	32
9.	Discusión.....	33
10.	Conclusiones	38
11.	Recomendaciones	39
12.	Referencias.....	41

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Formulación utilizada para la elaboración de galletas</i>	15
Tabla 2: <i>Diseño experimental para elaboración de galletas</i>	17
Tabla 3: <i>Variables dependientes aplicadas al mejor tratamiento</i>	18
Tabla 4: <i>Resultados de la prueba de Friedman</i>	26
Tabla 5: <i>Prueba Friedman para análisis sensorial</i>	27
Tabla 6: <i>Comparación de parámetros bromatológicos</i>	29
Tabla 7: <i>Tabla nutricional de galletas de cascarilla de cacao</i>	30
Tabla 8: <i>Análisis microbiológico del tratamiento 3</i>	31
Tabla 9: <i>Conteo de polifenoles totales y actividad antioxidante</i>	31
Tabla 10: <i>Análisis de costos para la elaboración de galletas</i>	32

Índice de figuras

Figura 1: <i>Diagrama de flujo para la producción de galletas con cascarilla de cacao</i>	14
Figura 2: <i>Etiqueta para galletas con cascarilla de cacao</i>	25
Figura 3: <i>Orden de aceptación de los panelistas para los 4 tratamientos</i>	28
Figura 4: <i>Semáforo nutricional de galletas de cascarilla de cacao</i>	30

1. Introducción

En los últimos tiempos la cascarilla de cacao ha sido bastante estudiada por sus beneficios, propiedades nutricionales y por la presencia de compuestos bioactivos. Se ha identificado que la cascarilla de cacao presenta dentro de su composición un 13,1 % de proteína bruta, 13,0 % de fibra bruta, 8,7 % de extracto etéreo y 9,1 % de ceniza (Nieto *et al.*, 2020). Por todos esos beneficios, la cascarilla de cacao ha sido bastante utilizada en diversas áreas. Por ejemplo, se ha utilizado en productos como alimento para animales, en la agricultura para suprimir la presencia de malezas, como fuente de etanol, como tinte natural en la industria textil y en el ámbito de los alimentos, para la producción de snacks de maíz enriquecidos con cascarilla de cacao o como harina en la industria de panadería y pastelería para la elaboración de productos (Nieto *et al.*, 2020).

2. Marco teórico

2.1 Alimentos funcionales

En la actualidad, el interés de la población por consumir alimentos más saludables o con algún beneficio para su salud ha ido en aumento. De ahí surgen los alimentos funcionales o también conocidos como alimentos saludables por brindar beneficios al consumidor más allá de su función nutricional (Illanes, 2015). Este tipo de alimentos son aquellos que contienen compuestos bioactivos que permiten que el alimento ejerza beneficios en una o varias funciones del organismo y por ende mejore su salud o disminuya el riesgo de padecer cierto tipo de enfermedades (Fuentes *et al.*, 2015). En los años 80, en Japón, se menciona por primera vez el término alimento funcional para aquellos alimentos con ingredientes que cumplen funciones específicas en las actividades fisiológicas del ser humano (Fuentes *et al.*, 2015). Dichos alimentos deben formar parte de la dieta habitual de las personas para poder ser considerados como alimentos funcionales y no como fármacos y pueden estar destinados para toda la población o para un grupo determinado según su función (Illanes, 2015; Fuentes *et al.*, 2015). Estos alimentos pueden clasificarse en (Millone *et al.*, 2010):

- Alimento natural
- Alimentos en los que se aumenta la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes beneficiosos.
- Alimento con un componente añadido como por ejemplo probióticos
- Alimento al cual se le elimina un compuesto para que genere menos efectos negativos sobre la salud.
- Alimentos mejorados químicamente uno o varios de sus componentes para aumentar el beneficio en la salud.

Los alimentos funcionales presentan varios beneficios para el consumidor entre ellos están: mejorar el desarrollo de los órganos y crecimiento en la infancia, regular los procesos metabólicos, defender contra el estrés oxidativo, mejorar la fisiología cardiovascular, entre otros (Fuentes *et al.*, 2015). En un principio los alimentos funcionales eran únicamente aquellos que estaban fortificados con vitaminas y minerales (Illanes, 2015). Sin embargo, actualmente existen varios tipos de alimentos funcionales con diferentes compuestos bioactivos. Los compuestos más presentes en alimentos funcionales son probióticos, prebióticos, proteínas, péptidos, carbohidratos, fibra, lípidos, ácidos grasos, licopeno, catequinas, vitaminas, fitoesteroles, polifenoles y antioxidantes (Fuentes *et al.*, 2015; Sohaimy, 2012).

2.2 Polifenoles: Propiedades y beneficios

En la actualidad existe gran interés en consumir alimentos que además de las propiedades nutricionales, brinden un beneficio a la salud del consumidor. Por tal motivo, ha aumentado el estudio de los beneficios y usos de los compuestos bioactivos que son aquellos que aportan un beneficio a la salud y se encuentran en bajas cantidades en alimentos vegetales (Olmedilla y Granado, 2007). Los polifenoles han sido bastante estudiados por sus propiedades funcionales tales como antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias y antibacterianas (Castro *et al.*, 2016). Estos compuestos se encuentran en alimentos de origen vegetal, son sintetizados en el metabolismo secundario de las plantas y son los que proporcionan el color a los

vegetales (Alonso, 2007). Son originados mediante la ruta del ácido siquímico que permite la síntesis de aminoácidos aromáticos, ácidos cinámicos y sus derivados y la ruta de los poliacetatos para la producción de quinonas y xantonas (Quiñones *et al.*, 2012).

Una gran parte de los polifenoles no pueden ser absorbidos debido a que se encuentran en los alimentos en forma de ésteres o polímeros. Por lo tanto, deben pasar por procesos de metilación, sulfatación y/o glucuronidación en el hígado para su absorción. A causa de dichos procesos, las formas en las que se encuentran en el plasma y tejidos son diferentes a como se encuentran en los alimentos, lo que dificulta su identificación y por ende la valoración de su actividad biológica (Quiñones *et al.*, 2012). Sin embargo, gracias a varios estudios se ha logrado determinar que la actividad biológica de los polifenoles se caracteriza por su capacidad antioxidante, la cual se genera debido a su capacidad para quelar metales y actuar como atrapadores de radicales libres (García *et al.*, 2015).

Se conoce que existen alimentos con un alto contenido de polifenoles entre ellos están el té, el vino y el cacao. Sin embargo, no todos los polifenoles que se encuentran en los alimentos son del mismo tipo, dependiendo del número de anillos fenólicos, existen varias clases y subclases siendo los principales, ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides (Quiñones *et al.*, 2012). El cacao es uno de los alimentos con mayor cantidad de flavonoides, principalmente catequinas (37%), antocianinas (4%) y procianidinas (58%). De igual manera, en la cascarilla de cacao existen compuestos bioactivos con actividad antioxidante como taninos, antocianinas y proantocianidinas. Los antioxidantes son compuestos bioactivos que tienen la capacidad de evitar la formación de radicales libres (Ordoñez *et al.*, 2019a). Por tal motivo, el cacao puede ser considerado como un alimento funcional que puede ser útil para la prevención y/o tratamiento de enfermedades asociadas al estrés oxidativo o patologías cardiovasculares (Quiñones *et al.*, 2012).

Existen varios estudios que sustentan los beneficios de los polifenoles, especialmente por disminuir el riesgo de padecer cardiopatías, algunos tipos de cáncer, Alzheimer y otras enfermedades causadas por la edad (García, *et al.*, 2015). Además de los efectos sobre la salud, los polifenoles también cumplen un rol importante en la calidad de los alimentos que los contienen debido a que son los que brindan varias características sensoriales. Algunos de los polifenoles que más influyen en la calidad de los alimentos son: las antocianinas que brindan el color rojo-azul en arándanos, fresas, uvas, etc., las flavononas que aportan sabor amargo en algunos cítricos, los flavonoles que brindan tonalidad amarilla en algunas partes externas de frutas, los taninos que aportan la astringencia en algunas frutas, entre otros (García *et al.*, 2015).

2.3 Métodos de cuantificación de polifenoles

Debido a la importancia y beneficios que presentan los polifenoles, existen varios métodos para su cuantificación y determinación del contenido de polifenoles que cada alimento contiene. Algunos de los métodos más utilizados son (Ma, 2019):

- **Medición de absorbancia a 280nm:** la absorbancia de luz ultravioleta es la forma más simple para estimar la cantidad de polifenoles debido a que la mayoría absorben a 280nm por la presencia de anillos de benceno.
- **Titulación de permanganato de Lowenthal:** es un método en donde los polifenoles se oxidan por una solución de permanganato de potasio y se utiliza índigo carmín como indicador de oxidación-reducción y es comúnmente utilizado para cidras.
- **Sal de hierro:** se utiliza para la cuantificación de polifenoles especialmente para cerveza negra por la menor incidencia de interferencia por dextrinas, melanoidinas y proteínas en comparación con el ensayo de Folin-Ciocalteu. Sin embargo, no es utilizado para cuantificar polifenoles en otro tipo de muestras que no sea cerveza. **Ensayo azul de prusia:** es un método espectrofotométrico basado en la formación de un complejo metálico en condiciones de pH bajo por la reducción de Fe^{3+} a Fe^{2+} .

- Ensayo Bate Smith: fue desarrollado en 1975 para la determinación de proantocianidinas en hojas. En condiciones ácidas y de calentamiento, las proantocianidinas se despolimerizan y se convierten en cianidina y delfinidina, las cuales se miden en una absorbancia de 550nm para cuantificar la concentración de proantocianidinas.
- Ensayo de la vainillina: consiste en la reacción entre el reactivo vainillina y los compuestos fenólicos generando un radical electrofílico débil por protonación en condiciones ácidas, dicho radical forma un compuesto intermedio que reacciona con el anillo flavonoide para posteriormente deshidratarse a un color rojo el cual va a ser medido con una absorbancia de 500nm.
- El método 4-dimetilaminocinamaldehído (DMAC): es otro método colorimétrico para la cuantificación de flavonoides. En comparación con el ensayo de vainillina tiene mayor sensibilidad y especificidad. Se lee a una absorbancia de 640nm y se utiliza especialmente para lúpulo y cebada.

A pesar de que existen varios métodos para la cuantificación de polifenoles, como los mencionados anteriormente. El método más utilizado actualmente es el ensayo de Folin-Ciocalteu que permite conocer un valor estimado de la cantidad de polifenoles totales de los alimentos vegetales. La técnica se basa en la capacidad que tienen los polifenoles para reaccionar con agentes oxidantes, específicamente con el reactivo Folin-Ciocalteu generando una coloración azul (Cortez *et al.*, 2018). El reactivo Folin-Ciocalteu contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico que reaccionan con los polifenoles presentes en la muestra. Mediante dicha reacción, se forma el ácido de color amarillo llamado ácido fosfomolibdotúngstico, el cual al ser reducido cambia a color azul intenso, la cual se puede medir mediante espectrofotometría UV visible a 760nm. El mecanismo de acción del ensayo es una reacción redox por lo que puede considerarse como un procedimiento para medir la capacidad antioxidante. El ensayo Folin-Ciocalteu es el más utilizado para la cuantificación de polifenoles presentes en cacao (García *et al.*, 2015).

2.4 Información técnica del cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un árbol con frutos que crecen en el tronco y ramas; mundialmente es conocido por ser el principal ingrediente para la fabricación de chocolate. La producción de cacao se da principalmente en zonas cálidas y húmedas, a lo largo del mundo, sin embargo, para los países en desarrollo representa una fuente importante de ingresos (Samaniego *et al.*, 2019). En América; Ecuador, Perú y Colombia son los principales productores de cacao. Existen 3 variedades tradicionales diferentes de cacao: Criollo, Forastero, Trinitario-híbrido entre el criollo y forastero (De Taeye *et al.*, 2017). Sin embargo, en Ecuador la producción se basa en dos variedades propias del país que son la variedad CCN 51 la cual tiene mayor producción por hectárea y mejor resistencia a clima y plagas, sin embargo, depende mucho de agroquímicos. La otra variedad y la más utilizada para exportación es el cacao nacional fino de aroma, con una producción menor que el CCN 51 pero con mejores características organolépticas (ANECACAO, 2023).

La planta de cacao tiene una etapa de desarrollo vegetativo de tres años, después de este tiempo empieza la producción de frutos (Pilaloa *et al.*, 2021). Los frutos están cubiertos por una baya llamada mazorca que está formada por una cáscara gruesa de promedio 4 cm de espesor, y en su interior contiene los granos del cacao, los cuales están cubiertos a su vez de una cascarilla y una pulpa de textura viscosa, con sabor dulce y comestible. El grano es la parte que únicamente se usa en la industria, el cual pasa por un proceso de fermentación y secado, en donde se pierde la pulpa; después pasa por un proceso de tostado donde se elimina la cascarilla y se obtiene el grano listo para su procesamiento (Carrasco, 2015).

El cacao está compuesto por macronutrientes como grasas, carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y compuestos secundarios como compuestos bioactivos, principalmente las metilxantinas (cafeína y teobromina) y compuestos fenólicos. Los polifenoles son los encargados de participar en reacciones bioquímicas que brindan el color, aroma y presencia de notas astringentes al cacao (Samaniego *et al.*, 2019).

2.5 Cascarilla de cacao: Importancia y beneficios

La cascarilla es el principal desecho generado al momento de la elaboración de productos que utilizan cacao como materia prima. Sin embargo, en los últimos años se han hecho estudios que demuestran las propiedades y beneficios que puede brindar la cascarilla del cacao a la salud, debido a que aporta antioxidantes naturales al cuerpo, inactivando los radicales libres, y de esta manera ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares y cancerígenas (Teneda *et al.*, 2019).

En un estudio en donde se utilizó la cascarilla de cacao para realizar infusiones se demostró que la composición de la cascarilla en promedio por cada 100 g de muestra es la siguiente: humedad 4,3g, proteína 19 g, grasa 1,25 g, ceniza 7,70 g y carbohidratos 72,2 g. Además, esta cascarilla contiene diferentes minerales como el calcio, magnesio, cobre, manganeso, hierro, sodio, y potasio. Adicionalmente se evaluó el contenido de polifenoles obteniendo un promedio de 2,46 g de ácido gálico equivalente x 100g⁻¹ de muestra y 422,13 μmol x g⁻¹ de muestra para capacidad antioxidante por el ensayo de FRAP (Sangronis *et al.*, 2014).

2.6 Procesos para la obtención de cascarilla de cacao

Luego de la cosecha del cacao se deben realizar tres procesos importantes para garantizar un buen sabor y aroma. Primero, se empieza con la fermentación, donde se va a producir la muerte del embrión y la primera aparición de metabolitos secundarios que se encargan de disminuir el amargor y astringencia de los granos. El proceso de fermentación se da después de separar los granos junto con el mucilago o pulpa de la mazorca y tiene una duración de 4 a 6 días. Sin embargo, el tiempo dependerá de las condiciones en las que se ponga a fermentar el cacao. Las condiciones ideales son: utilizar cajones de madera de roble seco para así evitar que los granos absorban el aroma de la madera, tener una temperatura controlada entre 35 y 45 °C y un correcto mezclado y volteado del grano para que la fermentación se más uniforme y se mantenga un equilibrio en la actividad microbiana. Después de la fermentación los granos tienen 60% de humedad, por lo cual se realiza un proceso de secado con lo que se espera bajar la humedad del grano a un 6 – 8%. El secado se realiza con la finalidad de prevenir la proliferación de hongos que otorgan sabores o características no

deseables durante el almacenamiento de los granos. Una característica de un buen secado es mantener la cascarilla pegada al grano, mediante un control del % de humedad. Para realizar el secado dependiendo de las condiciones ambientales se pueden realizar diferentes métodos, entre ellos se encuentra el secado solar cuando se tiene condiciones ambientales favorables, el cual se ha demostrado que es el mejor puesto que mantiene las características sensoriales del grano. Cuando las condiciones ambientales no son favorables, se puede hacer un secado mecánico, el cual toma menor tiempo y genera un cambio en el sabor del grano. Finalmente, se realiza el tostado y descascarillado, en este proceso se hace la separación de la cascarilla del grano para que sus características sensoriales resalten más (Vázquez *et al.*, 2016). Una vez separada la cascarilla del grano, esta se la puede utilizar para la fabricación de diferentes productos.

2.7 Tipos de molienda

El proceso de molienda permite la ruptura y la reducción del cereal o grano del cual se desea obtener un polvo fino mediante fricción conocido como harina (Sifre *et al.*, 2018). Es un proceso que consiste en la reducción de un cuerpo a partículas más pequeñas hasta conseguir un polvo (Alonso, 2014). Existen distintos tipos de molino, los cuales se utilizan dependiendo del tipo de harina que se desea conseguir, existen los molinos de rodillo, de discos, de martillos, de agujas, entre otros. En función del tipo de molino que se vaya a utilizar también existen tres tipos de molienda, la seca, la húmeda y la semi seca. La molienda húmeda se da mediante el uso de molino de rodillos para moler los granos de cacao con agua durante un tiempo prolongado. La molienda semiseca consiste en macerar el grano con agua, escurrir y finalmente moler con un molino de agujas, sin presencia de agua. En la molienda seca, se muele el grano sin ningún procesamiento previo y se utiliza cualquier tipo de molino (Loubes, 2015).

2.8 Productos a base de cascarilla de cacao

En los últimos años los estudios enfocados en la cascarilla de cacao han ido aumentando debido a los beneficios que esta brinda, en el campo de la Agroindustria existen estudios que demuestran los beneficios del uso de la cascarilla en diferentes productos (Nieto *et al.*, 2020). Una investigación realizada por Teneda *et al.* (2018)

mencionó los beneficios del uso de la cascarilla de cacao en la fabricación de infusiones a base de cascarilla en conjunto con tres hierbas diferentes, el primer tratamiento era con guayusa, el segundo con hierbaluisa, y el último con menta. Dentro de sus tratamientos probaron diferentes concentraciones de cascarilla/hierba. Encontraron que la mejor formulación para esta infusión era 80% cascarilla de cacao y 20% guayusa, debido a que mostró los mejores resultados en el análisis sensorial donde se evaluó: color, aroma, sabor, y aceptabilidad; y presentó la mayor concentración de polifenoles en comparación a los demás tratamientos con 662 ± 10 mg ácido gálico equivalente (AGE) $\times 100 \text{ g}^{-1}$ de muestra.

En otro estudio realizado por Ordoñez *et al.* (2019b) se elaboraron unos productos llamados rehiletes de chocolate, el cual se realizó con la finalidad de aprovechar un 40-60 % del desperdicio de cascarilla que se genera en el procesamiento del grano, y usarlo como una materia prima agroindustrial, generando un alimento con alto valor nutricional, con el objetivo de reducir la presencia de enfermedades por bajo consumo de fibra.

2.9 Galletas

Las galletas son productos de panadería que tienen la capacidad de incluir en sus formulaciones compuestos bioactivos, sin perder sus características tecnológicas propias de las galletas. Debido a esto, la introducción de nutrientes, fibras, y otros compuestos bioactivos a la formulación de este tipo de productos puede agregar calidad, sin causar daños físicos y sensoriales al producto final (Ganorkar y Jain, 2014).

2.10 Propiedades de la harina de trigo

El trigo es un cereal básico para la población mundial, en el año se procesan alrededor de 600 millones de toneladas destinadas para el consumo humano. De todos los cereales, el trigo es el único que puede formar una masa que sea una resistente y viscoelástica. Por este motivo, el uso principal de la harina de trigo es la panadería, debido a que gracias a sus proteínas específicamente el gluten, es el encargado de hacer crecer o levantar la masa al realizar pan, bizcochos, pasteles, etc (Villanueva, 2014).

Actualmente, es posible encontrar varios artículos donde se estudia la sustitución parcial o total de harina de trigo para su uso en panadería, lo que se debe a varios factores como: mejorar la calidad nutricional, atender un mercado específico, personas con enfermedades celíacas, etc. Sin embargo, hacer una sustitución total de la harina de trigo presenta dificultades para obtener productos de panadería, debido a que se deben investigar nuevas combinaciones y técnicas no tradicionales, para poder llegar a tener un producto sensorial y tecnológicamente aceptable (Vieira *et al.*, 2015).

Estudios demuestran que existen principalmente tres enfermedades relacionadas con el consumo de gluten, enteropatía sensible al gluten, alergia al trigo, y sensibilidad al gluten. Por esta razón, en la actualidad las tendencias alimentarias están enfocadas a comer alimentos bajos en gluten, por ejemplo, en Estados Unidos un 30% de la población ha reducido el consumo de gluten en sus alimentos. El gluten se encuentra en las reservas de algunas plantas como un grupo de proteínas. En cereales como la cebada, el centeno y el trigo, el gluten se utiliza para nutrir a sus semillas durante la germinación. El gluten se fracciona en dos partes una que es soluble en alcohol llamada prolamina y la insoluble llamada glutenina (Valladares, 2017).

2.11 Propiedades de los edulcorantes

Los edulcorantes son sustancias naturales o artificiales con la capacidad de sustituir el efecto dulce característico del azúcar. Son aditivos alimentarios aprobados como alternativa de reemplazo del azúcar para la elaboración de alimentos. Como cualquier otro aditivo alimentario, su uso y consumo está controlado por organizaciones como la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA), el *Codex Alimentarius* y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA); para garantizar la seguridad del consumidor. Los edulcorantes, pueden clasificarse en naturales o artificiales según su origen, en calóricos o no calóricos según su contenido calórico y en carbohidratos, alcoholes de azúcares o glucósidos según su estructura química (Manzur *et al.*, 2018). El edulcorante naturales más conocido y utilizado es la estevia mientras que la sucralosa es la más conocida de los edulcorantes artificiales (Stephens *et al.*, 2018).

La estevia se obtiene a partir del extracto de la planta *Stevia rebaudiana* a partir de la cocción y machacamiento de las hojas (Calzada *et al.*, 2013). Se caracteriza por tener al menos 8 glucoterpenoides como isosteviol, esteviósidos, etc. Los esteviósidos son antioxidantes, antiinflamatorios, antihipertensivos y reguladores de niveles de glucosa, con la capacidad de controlar los niveles de insulina en personas con diabetes (Stephens *et al.*, 2018). Dichos compuestos son los que le otorgan el poder dulce a la estevia siendo 300 veces más dulce que la azúcar (Manzur *et al.*, 2020).

Existen varios estudios que demuestran que es posible consumir estevia en bebidas o en productos horneados a temperaturas no mayores a 200°C. Esto debido a que la estevia tiene estabilidad térmica y poca susceptibilidad a alteraciones químicas (Stephens *et al.*, 2018). Por lo tanto, su uso como edulcorante no calórico no presenta ninguna contraindicación (Calzada *et al.*, 2013).

La sucralosa es sacarosa modificada mediante una reacción de halogenación en donde se da la sustitución de tres grupos hidroxilo por tres moléculas de cloro (Manzur *et al.*, 2020). Dichas moléculas de cloro permiten que sea un edulcorante resistente al calor y que pueda ser utilizado en alimentos que requieren procesos de cocción u horneado sin que pierdan sus características. La sucralosa es 600 veces más dulce que el azúcar y su promedio máximo de consumo diario es de $1 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ al día (Calzada *et al.*, 2013). Únicamente el 15% de la sucralosa ingerida es absorbida y el 85% restante es eliminada por las heces (Calzada *et al.*, 2013). Existen estudios en donde se ha evaluado la seguridad de la sucralosa y se ha demostrado que a largo plazo puede generar efectos adversos como dolores de cabeza agudos o inflamación del hígado (Stephens *et al.*, 2018).

3. Planteamiento del Problema

En el Ecuador el cacao ocupa el décimo lugar de la producción agrícola nacional siendo la costa ecuatoriana la de mayor producción con un 84% (Carrasco, 2015). Sin

embargo, en la industria de chocolate después del proceso de secado, fermentado y tostado de las semillas de cacao se generan altos desperdicios como cascarilla, mucilago y cascara o vaina (Teneda, 2019). Se generan al año, aproximadamente 700 mil toneladas de cascarilla de cacao (Bernal, 2021). Por esta razón, es importante darle un uso a este subproducto para de esa manera reducir el impacto ambiental y convertir un residuo en materia prima y ser utilizado en posteriores procesos. La cascarilla de cacao representa un 12% en peso de la semilla y aporta nutricionalmente tanto con macronutrientes como micronutrientes, tiene alta cantidad de fibra y compuestos bioactivos como polifenoles y carotenoides (Carrasco, 2015; Villamizar *et al.*, 2017). En contraste, en los últimos años en la mayoría de los países de Latinoamérica, la importación de harina de trigo en los últimos años ha aumentado, debido a que es una de las principales materias primas en la industria de alimentos, principalmente en panadería (Alvis *et al.*, 2011). La composición principal de la harina es almidón (70-75%), agua (14%), proteínas (10-12%), polisacáridos (2-3%) y lípidos (2%) (Temas de ciencia y tecnología, 2009).

4. Identificación del objeto de estudio

El objeto de estudio para el desarrollo de este proyecto fue analizar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por cascarilla de cacao en polvo en los componentes nutricionales, físico químicos y organolépticos para la elaboración de galletas. Se planteó analizar el contenido de polifenoles, propiedades organolépticas y físico químicas en el producto terminado. La cascarilla de cacao utilizada para el enriquecimiento de harina de trigo se obtuvo de una empresa ecuatoriana que se dedica a la elaboración de chocolate para venta a nivel nacional e internacional.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Evaluar las propiedades organolépticas, físico químicas y contenido de polifenoles de galletas elaboradas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao.

5.2 Objetivos específicos

- Determinar la mejor formulación de galletas elaboradas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao y diferentes edulcorantes mediante análisis sensorial.
- Analizar la actividad antioxidante y contenido de polifenoles del mejor tratamiento de galletas elaboradas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao y diferentes edulcorantes.
- Realizar análisis bromatológicos y microbiológicos del mejor tratamiento de galletas elaboradas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao y diferentes edulcorantes.

6. Justificación

La propuesta del proyecto de titulación fue realizar galletas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao en diferentes concentraciones y con 2 diferentes tipos de edulcorantes. La finalidad fue lograr darle un valor agregado a la cascarilla de cacao que actualmente en la mayoría de las industrias del chocolate representa uno de los mayores desperdicios. De esta manera, se pudo aprovechar el alto contenido de polifenoles de la cascarilla de cacao para enriquecer la harina de trigo, logrando así aumentar su capacidad antioxidante y utilizarla en la fabricación de productos de panadería y/o repostería, en este caso se realizaron galletas para probar la funcionalidad de la harina. Las cuales adicionalmente, se probaron con 2 edulcorantes diferentes con la finalidad de determinar el mejor tratamiento y hacer un producto bajo en azúcar; esto para mantener las tendencias actuales de los

consumidores que prefieren productos saludables y el producto pueda tener mayor aceptación.

7. Metodología

7.1 Diagrama de flujo para la elaboración de galletas con cascarilla de cacao

A continuación, en la Figura 1, se detalla el flujograma para la producción de galletas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao en diferentes concentraciones y 2 edulcorantes distintos.

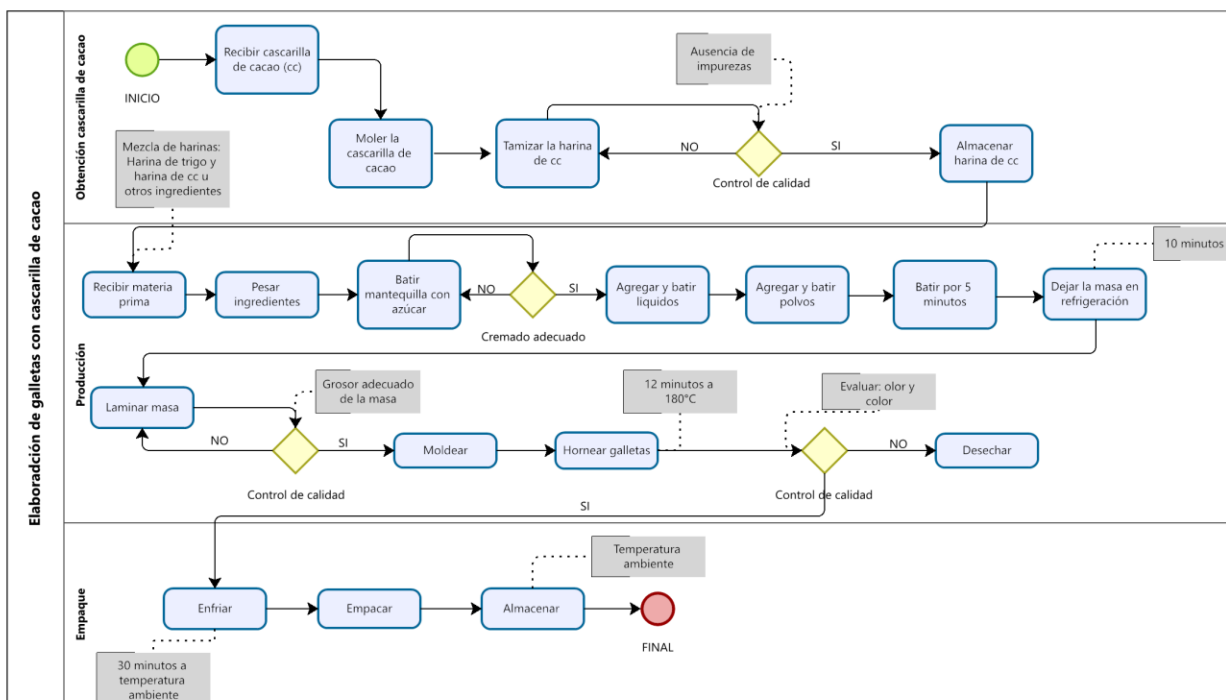


Figura 1

Diagrama de flujo para la producción de galletas con cascarilla de cacao

7.2 Obtención de harina de cascarilla de cacao

Se obtuvo cascarilla de cacao de una empresa dedicada a la elaboración de chocolate y se realizó la molienda automática en molino de martillo marca TORRH, elaborado por Corporación Jarcon de Perú. Se pesó 1kg de cascarilla de cacao molida, se tamizó para obtener un tamaño de partículas homogéneo y se obtuvo harina de cascarilla de cacao (Anexo A).

7.3 Elaboración de galletas

Una vez obtenida la harina de cascarilla de cacao se elaboraron galletas a partir de una formulación guía tomada de internet que se detalla a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1

Formulación utilizada para la elaboración de galletas

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje
Harina de trigo sin polvo de hornear	220	38,09
Mantequilla sin sal	150	25,97
Azúcar	150	25,97
Huevo	50	8,66
Polvo de hornear	4,5	0,78
Extracto o esencia de vainilla	3	0,52

Procedimiento

1. Se mezcló la mantequilla con el azúcar hasta conseguir una textura suave y cremosa.
2. Se agregó el huevo y esencia de vainilla y se mezcló nuevamente.
3. Se agregó la harina, polvo de hornear y sal, posteriormente se mezcló con una espátula.

4. Se dejó refrigerar la masa durante aproximadamente 10 minutos.
5. Se extendió la masa con un rodillo y con la ayuda de un molde redondo se formaron galletas del mismo tamaño.
6. Se hornearon las galletas por 12 minutos en un horno precalentado a 180°C/350°F.
7. Se dejó enfriar hasta que tengan una textura crocante.

7.4 Pruebas preliminares

Con el fin de definir el diseño experimental se realizaron pruebas preliminares de las proporciones de harina de trigo y harina de cascarilla de cacao que se utilizaron en la receta, primeramente se realizaron galletas con un 100 % de harina de cascarilla de cacao obteniendo como resultado una textura totalmente líquida con un sabor muy intenso a chocolate, adicionalmente se realizaron dos pruebas más, una con 70 % harina de trigo y 30 % harina de cascarilla de cacao, obteniendo una galleta con buena textura pero un sabor chocolate muy bajo. Finalmente, la última proporción fue de 70 % harina de cascarilla de cacao y 30 % harina de trigo, sin embargo, el sabor a chocolate era fuerte pero la textura encontrada fue mejor a la del 100 % harina de cascarilla de cacao (Anexo B). Tomando en consideración los resultados de las pruebas preliminares se estableció el diseño experimental.

7.5 Diseño experimental

Se realizaron 5 tipos de galletas siguiendo la formulación mencionada en la sección 7.2 de acuerdo con el diseño experimental factorial 2x2 que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2*Diseño experimental para elaboración de galletas*

Tratamiento	Factor 1: Concentración		Factor 2: Tipo de edulcorante
	Harina de trigo	Harina de cascarilla de cacao	
1	50	50	azúcar
2	50	50	estevia
3	60	40	azúcar
4	60	40	estevia
Control	100	0	azúcar

Para determinar el mejor tratamiento, se aplicó a todos los tratamientos, las siguientes 2 variables dependientes: medición de dureza y % de humedad. Además, se realizó un análisis sensorial para conocer la aceptación en el mercado. Una vez determinado el mejor tratamiento, se aplicaron las variables dependientes que se especifican a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3*Variables dependientes aplicadas al mejor tratamiento*

	Variables dependientes		
	Análisis bromatológico	Análisis microbiológico	Análisis químico
Tipo de análisis	pH	Aerobios mesófilos	Contenido de polifenoles
	% grasa	Mohos	Actividad antioxidante
	% humedad	Levaduras	
	% proteína		
	% carbohidratos		
	% fibra		

7.6 Medición de dureza

La medición de dureza en galletas de todos los tratamientos se realizó mediante el uso de un penetrómetro, el cual fue insertado en el medio de cada galleta y se registró la lectura dada por el equipo. El penetrómetro es un equipo que mide la distancia que una varilla penetra un alimento mediante gravedad en un periodo de tiempo (Lewis, 2023).

7.7 Determinación de porcentaje de humedad

El cálculo del porcentaje de humedad en galletas de todos los tratamientos se realizó en un analizador de humedad, siguiendo como base la metodología descrita en AOAC 925.10 y el principio de pérdida de humedad (AOAC, 2016).

7.8 Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial a 71 panelistas no entrenados a partir de la siguiente escala hedónica de 7 puntos para las variables dependientes de color, olor, sabor y crocancia.

1. Me disgusta extremadamente
2. Me disgusta
3. Me disgusta poco
4. Ni me gusta ni me disgusta
5. Me gusta poco
6. Me gusta
7. Me gusta extremadamente

Una vez concluidas las pruebas sensoriales, se realizó a todos los panelistas una encuesta para ver en orden del 1 al 4 la aceptación de cada tratamiento. Cada panelista ubicó los 4 tratamientos según la aceptación individual, colocando en primer lugar el tratamiento que más fue de su agrado y en cuarto lugar el tratamiento que menos gusto.

7.9 Análisis bromatológico

Con el fin de determinar la composición de las galletas con harina de cascarilla de cacao, se realizaron análisis bromatológicos de pH, porcentaje de humedad, grasa, proteína, fibra y carbohidratos.

7.9.1 Determinación de pH

El pH de las galletas se midió tomando como base la metodología descrita en la norma INEN 526 con algunas adaptaciones. Se colocaron 10 g de muestra preparada con 100 ml de agua destilada y se agitó hasta que las partículas se encontraban uniformemente suspendidas. Se dejó en reposo durante 10 minutos y se determinó el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro (INEN, 1981a).

7.9.2 Determinación del porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad en las galletas se midió tomando como base el método de pérdida por calentamiento descrito en la norma INEN 518. Se pesó el crisol vacío, posteriormente se pesaron 3 g de muestra y se colocaron en la mufla a 105° C durante 30 minutos. Pasado el tiempo se pesó y se colocó nuevamente en la mufla, se repitió el proceso de pesaje y calentamiento hasta que la diferencia de masa entre los resultados de dos pesajes sucesivos no fue mayor a 0,1 mg (INEN 1981b). Para la determinación del % humedad se utilizó la ecuación 1.

Ecuación 1

Fórmula para calcular el porcentaje de humedad

$$\% H = \frac{P3 - P1}{P2} \cdot 100$$

Donde,

P1: peso del crisol vacío

P2: peso de la muestra

P3: peso del crisol con la muestra después de haber estado en la mufla 105°C.

7.9.3 Determinación de porcentaje de grasa

Para calcular el porcentaje de grasa se utilizó la metodología descrita en la norma INEN 1981-12. Se colocaron 2,35 g de muestra y 2 g de arena en el dedal de Soxhlet y se mezcló con espátula. Luego se colocó algodón hidrófilo en la parte superior del dedal y se introdujo en la estufa calentada a 130°C por aproximadamente 1 hora. Posteriormente se transfirió el dedal al desecador y se dejó a temperatura ambiente. Se colocó el dedal y su contenido en el aparato Soxhlet y se agregó suficiente cantidad de éter anhidro para la extracción durante 4 horas. Una vez terminada la extracción, se recuperó el disolvente por destilación y se eliminó los restos de disolvente. Se colocó el balón que contenía la grasa durante 30 minutos en la estufa a 100°C, se dejó enfriar hasta que alcanzó una temperatura ambiente y se pesó. Se repitió el calentamiento por periodos de 30 minutos, enfriando y pesando (INEN, 1981c). Para la determinación del % de grasa se utilizó la ecuación 2.

Ecuación 2

Fórmula para calcular el porcentaje de grasa

$$\% \text{ grasa} = \frac{\text{peso grasa}}{\text{peso muestra}} \cdot 100$$

Donde,

Peso graso: grasa total obtenida después del proceso de Soxhlet

Peso muestra: muestra inicial

7.9.4 Determinación de porcentaje de proteína

Para el cálculo del porcentaje de proteína, se utilizó un analizador elemental FlashSmart de la marca Thermo Fisher Scientific, con base en la metodología descrita en la AOAC 992.23 en el Laboratorio de Investigación de la Universidad de las Américas (AOAC, 2016). El principio de funcionamiento del equipo es la combustión de la muestra. Se coloca la muestra en el reactor y el equipo evalúa la cantidad de oxígeno necesaria para la combustión en función del peso y naturaleza de la muestra. Después de la combustión, los gases que se produjeron son transportados mediante un flujo de helio a un segundo reactor con cobre. Finalmente, los gases se barren a través de trampas de CO₂ y H₂O para su detección mediante un detector de conductividad térmica. A través de un software se obtiene el valor de proteína a partir de los datos de nitrógeno obtenidos combinados con un factor proteico (Krotz *et al.*, s.f).

7.9.5 Determinación de porcentaje de fibra

Para el cálculo del porcentaje de fibra se utilizó el método descrito en la norma INEN 0522 con algunas adaptaciones. La metodología, se detalla a continuación en 2 fases, primero la preparación de la muestra seguido por la preparación del crisol.

Preparación de la muestra

En un matraz Erlenmeyer se pesó 1 g de muestra y 50 ml de buffer de fosfatos 0.01 M y se ajustó el pH hasta alcanzar un valor de 6. Posteriormente, se agregó 0,1ml de amilasa y se dejó 30 minutos en agitación a 95°C. Pasado ese tiempo,

se dejó a temperatura ambiente. Cuando la muestra llegó a la temperatura adecuada, se agregaron 10 ml de NaOH 0,27 N y se ajustó el pH a 7,5. Con el pH adecuado, se agregaron 0,1 ml de proteasa y se dejó en agitación 30 minutos a 60°C y pasado el tiempo se dejó enfriando a temperatura ambiente. Posteriormente, se agregaron 10 ml de HCl 0,325 N y se ajustó el pH a 4,0 – 4,6. Posteriormente, se agregaron 0,1 ml de amiloglucosidasa y se dejó en agitación por 30 minutos a 60°C. Una vez finalizado el tiempo se agregaron 200 ml de etanol al 95% precalentado a 60°C (INEN, 1981d).

Preparación del crisol

Para la preparación del crisol, se agregó 1 g de celita para ayudar en la etapa de filtrado. Se colocó el crisol en la mufla en lapsos de 10 minutos a 3 temperaturas diferentes, primero a 200°C, después a 300°C y finalmente a 400°C. Posteriormente se dejó a temperatura ambiente y se procedió a filtrar la muestra que se preparó en un principio (INEN, 1981d).

7.9.6 Determinación de porcentaje de carbohidratos

La determinación de carbohidratos totales se hizo una vez que se tuvo el porcentaje de humedad, proteína, fibra, cenizas y grasa. Utilizando la ecuación 3.

Ecuación 3

Fórmula para calcular el porcentaje de carbohidratos

$$\% \text{ carbohidratos} = (100 - (\% \text{ P} + \% \text{ G} + \% \text{ H} + \% \text{ F} + \% \text{ C}))$$

Tomado de (Hailu, 2018)

Donde,

% P: % de proteína

% G: % de grasa

% H: % de humedad

% F: % de fibra

% C: % de ceniza

7.10 Elaboración de tabla y semáforo nutricional

La elaboración de la tabla nutricional se desarrolló por los siguientes 2 métodos:

1. Se utilizaron los porcentajes de macronutrientes obtenidos en el análisis bromatológico y se hicieron los cálculos necesarios para obtener el % de grasa, carbohidratos y proteína para una porción de 30g, porción establecida en la norma INEN 1334-2 para este tipo de producto (galletas).
2. Se realizó el cálculo de la cantidad proximal de macronutrientes (grasa, carbohidratos, fibra y proteína) que aporta cada ingrediente utilizado en la formulación de las galletas tomando en consideración la proporción en la que se encontraban. Igualmente, se hizo el cálculo para una porción de 30g y se obtuvo la tabla nutricional (Anexo C).

La elaboración del semáforo se realizó tomando en consideración la concentración de grasa, azúcar y sal en 100g.

7.11 Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico se ejecutó únicamente al mejor tratamiento y se realizó el conteo de mesófilos aerobios, mohos y levaduras según lo solicitado en la norma INEN 2085 para galletas (INEN, 2005).

7.11.1 Recuento de mesófilos aerobios

Para el conteo de mesófilos aerobios se siguió el método descrito en la norma INEN 1529-5. Se pesó 1 g de muestra de galletas y se mezcló con 40 ml de agua peptona. A continuación, se colocó en vortex durante 1 minuto para homogenizar la muestra. La muestra se dejó en reposo durante 10 minutos y se procedió a la siembra. Se colocó 1 ml de la solución en una placa petri con agar para recuento en placa (PCA) y con un asa de vidrio previamente desinfectada con alcohol, se esparció la solución alrededor de toda la placa y petri. Se dejó incubar durante 24 horas a 37°C. Pasado el tiempo, se retiró la placa petri de la incubadora y se realizó el conteo de aerobios mesófilos en unidades formadoras de colonias (INEN, 2006).

7.11.2 Recuento de mohos y levaduras

Para el conteo de mohos y levaduras se siguió el método descrito en la norma INEN 1529-10. Se pesó 1 g de muestra de galletas y se mezcló con 40 ml de agua peptona. A continuación, se colocó en vortex durante 1 minuto para homogenizar la muestra. La muestra se dejó en reposo durante 10 minutos y se procedió a la siembra. Se colocó 1 ml de la solución en una placa petri con agar papa dextrosa (PDA) con un asa de vidrio previamente desinfectada con alcohol, se esparció la solución alrededor de toda la placa y petri. Se dejó incubar durante 72 horas a 25°C. Pasado el tiempo, se retiró la placa petri de la incubadora y se realizó el conteo de mohos y levaduras en unidades formadoras de colonias (INEN, 1998).

7.12 Análisis químico

7.12.1 Medición del contenido de polifenoles totales

La medición del contenido de polifenoles totales en galletas del tratamiento 3, según el diseño experimental, se realizó mediante espectrofotometría UV visible en el Laboratorio Investigación de la Universidad de las Américas.

7.12.2 Evaluación de la actividad antioxidante

La evaluación de la actividad antioxidante en galletas del tratamiento 3, según el diseño experimental, se realizó mediante la metodología de DPPH en el Laboratorio de Investigación de la Universidad de las Américas.

7.13 Análisis estadístico

Para los resultados del análisis sensorial y de las variables de % humedad y dureza se realizó un análisis no paramétrico con prueba Friedman debido que los datos no cumplieron con los supuestos del ANOVA de normalidad y homocedasticidad. Adicionalmente, se realizó estadística descriptiva con el fin de determinar cuál tratamiento presentó mayor aceptación en cada uno de los parámetros evaluados del análisis sensorial (color, olor, sabor y crocancia).

7.14 Análisis de costos

Se realizó un análisis de costos con el fin de identificar los costos que se van a incurrir al momento de la producción y comercialización de galletas. Para eso, se determinaron costos variables, costos fijos y costos totales.

8. Resultados

8.1 Elaboración de galletas

A continuación, en la Figura 2 se detalla la etiqueta para galletas elaboradas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao.



Figura 2

Etiqueta para galletas con cascarilla de cacao

8.2 Porcentaje de humedad y dureza

En la Tabla 4 se detallan los resultados de la prueba Friedman para porcentaje de dureza y de humedad en todos los tratamientos.

Tabla 4

Resultados de la prueba de Friedman

Tratamiento	Dureza (%)	Humedad (%)
Tratamiento 1	3,00 ^B	2,67 ^A
Tratamiento 2	1,00 ^D	2,67 ^A
Tratamiento 3	4,00 ^A	1,00 ^B
Tratamiento 4	2,00 ^C	3,67 ^A

Nota. Los resultados son expresados como media de rangos con N=3. Los valores con una letra común no presentan diferencia significativa.

En la Tabla 4 se observa que si existe diferencia significativa entre el tratamiento 3 y el resto de los tratamientos en cuanto al % de humedad con un $p < 0,05$. Igualmente, para la variable dureza existe diferencia significativa por un $p < 0,05$. Sin embargo, la diferencia se da entre todos los tratamientos. Para ambas variables el tratamiento 3 fue el que presentó mejores resultados debido a que fue el que presentó menor % humedad y mayor % de dureza.

8.3 Análisis sensorial

En la Tabla 5 se detallan los resultados obtenidos en la prueba Friedman para cada parámetro evaluado en el análisis sensorial.

Tabla 5*Prueba Friedman para análisis sensorial*

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Crocancia
Tratamiento 3	2,94 ^A	3,04 ^A	3,35 ^A	3,39 ^A
Tratamiento 1	2,79 ^A	2,85 ^A	3,2 ^A	3,15 ^A
Tratamiento 2	2,3 ^B	2,14 ^{BC}	1,97 ^B	1,87 ^B
Tratamiento 4	1,97 ^C	1,97 ^C	1,48 ^C	1,59 ^C

Nota. Los resultados son expresados como media de rangos con N=71. Los valores con una letra común no presentan diferencia significativa.

En la Tabla 5 se observa que los parámetros de color, olor, sabor y crocancia presentaron un valor $p < 0,05$. Por lo tanto, existió diferencia significativa entre todos los tratamientos en todos los parámetros evaluados en el análisis sensorial. La diferencia significativa se dio entre todos los tratamientos. Del mismo modo, se observa que el tratamiento 3, el cual fue elaborado con azúcar, 60% harina de trigo y 40% harina de cascarilla de cacao, fue el que tuvo mayor aceptación por el público debido a que tuvo una media más alta para todos los parámetros evaluados. En contraste, el tratamiento 4 fue el que presentó menor aceptación al tener una media menor para todos los parámetros en comparación al resto de tratamientos. Por lo tanto, la concentración de cascarilla de cacao y el tipo de edulcorante si influye en sabor, olor, color y crocancia de las galletas.

A continuación, en la Figura 3 se observan los resultados de la encuesta realizada a todos los panelistas con el fin de ordenar en primero al último lugar la aceptación general de cada tratamiento.

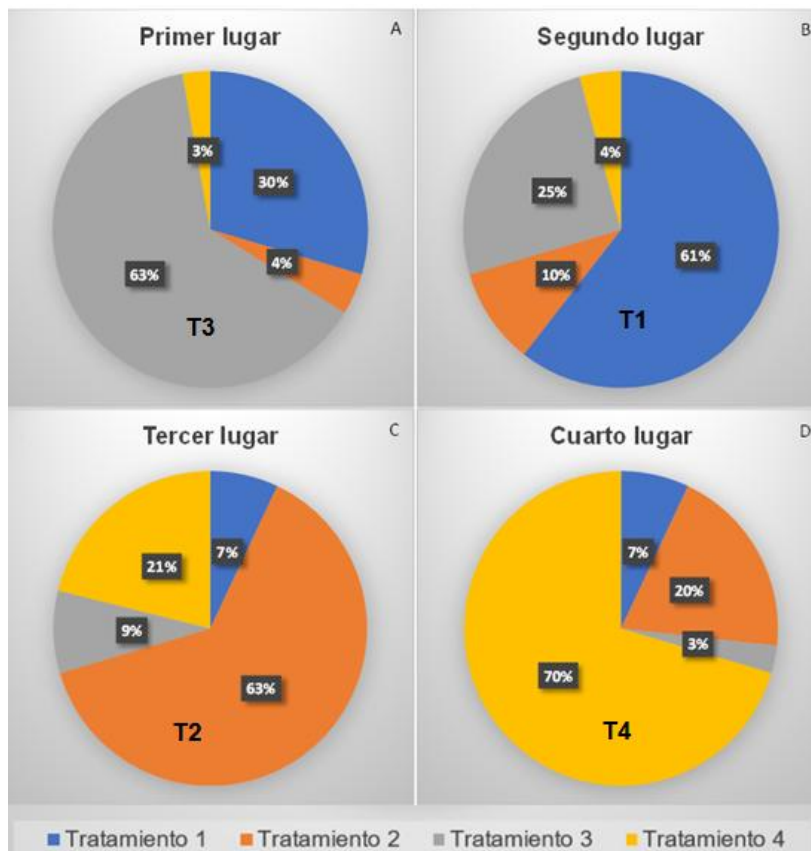


Figura 3

Orden de aceptación de los panelistas para los 4 tratamientos

Nota. Los resultados son expresados como porcentaje de 71 panelistas para cada lugar. Al finalizar el análisis sensorial se realizó una encuesta para verificar el orden de aceptabilidad de los tratamientos, ubicándolos del 1 al 4 según el agrado de cada muestra.

En el gráfico A se evidencia que el tratamiento 3 fue el que estuvo ubicado más veces en el primer lugar. Es decir que para el 63% de los encuestados, al tratamiento 3 le corresponde el primer lugar, lo que significa que tuvo mayor aceptación general en cuanto a características sensoriales. Para el gráfico B se evidencia que el tratamiento 1 fue el que estuvo ubicado más veces en el segundo lugar, con una aceptación del 61% de los encuestados, ubicándose en el segundo lugar. En el caso del gráfico C se

evidencia que el tratamiento 2 fue el que estuvo ubicado más veces en el tercer lugar, con una aceptación del 63% de los encuestados, ubicándose en el tercer lugar. Finalmente, en el gráfico D se evidencia que el tratamiento 4 fue el que estuvo ubicado más veces en el cuarto lugar con una aceptación del 70% de los encuestados, ubicándose en el segundo lugar.

En base a esto podemos ver que para el total de encuestados el mejor tratamiento fue el 3 a comparación del tratamiento 4 que fue el que tuvo menor aceptación.

8.4 Análisis bromatológico

En la Tabla 6 se encuentra la comparación de los parámetros bromatológicos mencionados en la norma INEN 2085 con los obtenidos en las galletas mediante análisis de laboratorio.

Tabla 6

Comparación de parámetros bromatológicos

Parámetros	Galletas con cascarilla de cacao	Norma INEN 2085
pH	6,6	5,5 – 9,5
Proteína (%)	10	> 3
Humedad (%)	3,82	< 10

Las galletas con harina de cascarilla de cacao cumplieron con todos los parámetros mencionados en la norma.

8.5 Tabla y semáforo nutricional

En la Tabla 7 se detalla la tabla nutricional elaborada en función del aporte de macronutrientes de los ingredientes utilizados en la formulación de galletas.

Tabla 7

Tabla nutricional de galletas de cascarilla de cacao

INFORMACION NUTRICIONAL		
Tamaño de porción: 30 g		
Porciones por envase 5		
Cantidad por porción		
Energía (calorías)	598 kJ	(143 cal)
Energía de grasa (calorías de grasa)	263 kJ	(63 cal)
% Valor diario *		
Grasa total 7 g		11%
Colesterol 0 mg		0%
Sodio 0 mg		0%
Carbohidratos totales 17 g		6%
Fibra 4 g		16%
Azúcares totales 13 g		
Proteína 3 g		6%
* Porcentaje de valores diarios basados en una dieta de 8380kJ (2000 calorías)		

Se decidió utilizar la tabla nutricional elaborada mediante el cálculo teórico proximal por ingredientes, debido a que aportaba valores más reales tomando en consideración la composición del producto. Con dicha tabla nutricional, se elaboró el semáforo nutricional, el cual se detalla en la Figura 4.

**Figura 4**

Semáforo nutricional de galletas de cascarilla de cacao

8.6 Análisis microbiológico

A continuación, en la Tabla 8 se detallan los resultados obtenidos en el análisis microbiológico para aerobios mesófilos, mohos y levaduras.

Tabla 8

Análisis microbiológico del tratamiento 3

Repetición	Aerobios mesófilos (UFC)	Mohos y levaduras (UFC)
1	Ausente	Ausente
2	Ausente	Ausente
3	Ausente	Ausente

Nota. Los resultados se realizaron por triplicado para cada parámetro

8.7 Análisis químico

En la Tabla 9 se detallan los resultados obtenidos para el conteo de polifenoles y la capacidad antioxidante para harina de cascarilla de cacao y galletas elaboradas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao.

Tabla 9

Conteo de polifenoles totales y actividad antioxidante

Muestra	Contenido de polifenoles mg AGE/100g muestra	Capacidad antioxidante µmol Trolox/100g muestra
Harina de cascarilla de cacao	418	2748,395
Galletas de cascarilla de cacao	256	441,447

Nota. Las unidades de contenido de polifenoles se expresan en mg de ácido gálico equivalente por cada 100g de muestra seca.

En la Tabla 9 se observa que el contenido de polifenoles de la cascarilla de cacao disminuye al utilizarla en un producto de panadería. En este caso, se evidencia que la harina de cascarilla de cacao presentó un valor mayor de contenido de polifenoles que las galletas elaboradas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao. El contenido de polifenoles disminuyó en un 38,79% de harina de cascarilla a galletas. Del mismo modo, la capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao disminuyó en un 83,9% al utilizarla como materia prima para la fabricación de un producto. La harina de cascarilla de cacao al tener mayor cantidad de polifenoles igualmente tuvo mayor actividad antioxidante.

8.8 Análisis de costos

A continuación, se detalla en la Tabla 10 el análisis de costos para 1 paquete de galletas con cascarilla de cacao en presentación de 150 g equivalente a 10 unidades.

Tabla 10

Análisis de costos para la elaboración de galletas

COSTOS VARIABLES		
Ingredientes	Cantidad	Precio (USD)
Harina de trigo y polvo de hornear	220g	0,50
Huevos	1 unidad	0,15
Mantequilla	150g	0,83
Azúcar	150g	0,17
Esencia vainilla	3g	0,04
Empaque de polipropileno/ 10 galletas por empaque	4unidades	1,00
Caja de cartón para comercialización/ 10 empaques	1 unidad	0,35
Caja de cartón/1empaque/10 galletas	1 unidad	0,04
Transporte para entrega de 100 cajas	1 unidad	40,00

Transporte/1 empaque/10 galletas	1 unidad	0,04
Costo Total/masa/40 galletas		2,98
Costo Total/unidad		0,07
Costos Variables por día/20 masas/800 galletas		59,56
COSTOS FIJOS		
Mano de obra para producción/día/8horas	1	18,00
Servicios básicos/día/8horas	1	4,00
Personal administrativo, marketing y venta/día/8horas	2	64,00
Costos Fijos por día		86,00
COSTOS TOTALES		
Costos por día/20 masas/800 galletas		145,56
Costo Total/empaque de 10 galletas		1,82
PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO		
PVP sin distribuidor		2,91
PVP con distribuidor		4,08

El costo total para la elaboración de un paquete de galletas de cascarilla de cacao en presentación de 150g es de \$1,82 y precio de venta al público (PVP) sin distribuidor es de \$2,91.

9. Discusión

Tomando en consideración los resultados obtenidos en el análisis sensorial donde se evaluaron los parámetros de color, olor, sabor y crocancia; se evidencian similitud con los resultados encontrados en el estudio de Terán (2019) donde se encontró que a mayor concentración de cascarilla menor la aceptación por parte de los panelistas, para todas las características sensoriales. El tipo y calidad de materia prima son componentes muy importantes que influye en las características sensoriales de los alimentos (Andrade et al., 2023). Esto va de la mano a lo encontrado en este estudio, donde los resultados con menor aceptación fueron los que tenían como edulcorante estevia, siendo una materia prima diferente a la tradicional que es el azúcar, y a su vez

el tratamiento con mayor aceptación fue el que tenía menor concentración de harina de cascarilla de cacao, siendo el tratamiento 3 (60% harina de trigo y 40% harina de cascarilla de cacao) para todas las características sensoriales.

Esto difiere de lo encontrado por Rojas (2022), en un estudio en el que se realizaron galletas con harina de cascarilla de cacao y película de plateada de café, encontraron que a mayor concentración de la harina el grado de aceptación también era mayor. Utilizar cascarilla de cacao en la industria de la panadería se ha convertido en un insumo viable, debido a que ayuda a mejorar las propiedades físicas, nutricionales y que sea sensorialmente aceptada (Rojas, 2022).

Se realizó el análisis bromatológico para determinar la composición de las galletas elaboradas con harina de cascarilla de cacao y se encontraron algunas diferencias y similitudes con la normativa ecuatoriana y con estudios que realizaron productos similares. En la norma INEN 2085:2005 correspondiente a los requisitos para la elaboración de galletas, se menciona que los parámetros con los que deben cumplir este tipo de productos son pH, % de humedad y % de proteína. Las galletas de cascarilla obtuvieron un pH de 6,6 y la norma menciona que el pH para galletas debe estar entre 5,5 y 9,5. Con respecto al porcentaje de humedad, la norma menciona que este tipo de alimento no puede tener más de 10% de humedad y la galleta presentó un 3,82% de humedad por lo que se cumple con lo solicitado en la norma. Finalmente, las galletas cumplieron con el porcentaje mínimo de proteína, ya que la normativa menciona que debe tener mínimo 3% y se obtuvo un 10% de proteína (INEN, 2005). Este porcentaje fue similar a lo obtenido en un estudio donde aprovecharon un subproducto del cacao para el desarrollo de galletas, dichas galletas presentaron un 8,42% de proteína (Vásquez et al., 2022). Sin embargo, al comparar el % de proteína con galletas sin cascarilla de cacao, se observa que tienen menor % de proteína. Por ejemplo, en un estudio en donde evaluaron la composición y propiedades nutricionales de las galletas que se encuentran en España, encontraron que las galletas presentaban un 6,3% de proteína (Hoyos et al., 2020). Esta diferencia se debe a que la cascarilla de

cacao es rica en proteína además de fibra, carbohidratos y compuestos bioactivos (Villamizar y López, 2017).

En un estudio donde utilizaron un subproducto del cacao para la fabricación de galletas se obtuvo un 18,82% de grasa, a diferencia de las obtenidas que presentaron 23% de grasa (Vásquez et al., 2022). Dicha diferencia puede serse debe principalmente a los ingredientes utilizados para la elaboración del producto, ya que en el estudio mencionado utilizaron como grasa la margarina mientras que en este estudio se utilizó mantequilla. Se conoce que la mantequilla presenta en su composición, menos grasa y más agua a diferencia de la margarina. La mantequilla contiene 80 % de grasa y 20% de agua mientras que, la margarina tiene entre 60 y 70 % de grasa (Ramos, 2018). Es por eso que se ve la diferencia de % de grasa en las galletas y aquellas que fueron elaboradas con margarina presentan menor % de grasa. Por otro lado, en un estudio en donde se aprovechó la cascarilla de cacao para el desarrollo de un producto agroindustrial como galletas, encontraron que el producto tenía 20% de grasa, un valor muy similar a lo obtenido. Esto se debe principalmente a que la fuente de grasa para los dos fue la mantequilla (Terán, 2019).

Con respecto al % de fibra, se obtuvo un valor de 13% a diferencia del mismo estudio mencionado anteriormente donde aprovecharon la cascarilla de cacao para elaborar galletas y obtuvieron un valor de 15,5% de fibra. Dicha diferencia puede deberse a que en su formulación utilizaron adicional a la harina de trigo y harina de cascarilla, 30% de harina de trigo integral, mientras que en el proyecto se utilizó únicamente harina de trigo y harina de cascarilla de cacao (Terán, 2019). Al utilizar harina de trigo integral aumenta el % de fibra ya que, durante el proceso de la molienda del trigo, se mantiene el pericarpio, el germen y el endospermo a diferencia de la harina de trigo blanca que durante el proceso de refinado se eliminan (González, s.f). Por otro lado, al comparar el % de fibra en galletas dulces sin presencia de cascarilla de cacao se puede observar un % menor de fibra. Por ejemplo, en un estudio en donde evaluaron las características nutricionales y composición de las galletas de España encontraron que las galletas presentaban en su mayoría un 3,2% de fibra (Hoyos et al., 2020). Esto se debe

principalmente a que el % de fibra observado en las galletas esta dado casi en su totalidad por el uso de cascarilla de cacao ya que se ha demostrado que la harina de cascarilla de cacao aporta 90 veces más fibra que la harina de trigo (Murillo et al., 2020).

Con relación al contenido de carbohidratos, se observa que las galletas del estudio de Terán (2019) en donde utilizaron igualmente cascarilla de cacao, presentaron 57,6% de carbohidratos, un valor similar a lo obtenido (56,6%). Esto se debe principalmente a que la formulación utilizada para ambas galletas en cuestión de ingredientes que aportan carbohidratos fue similar.

Para garantizar la inocuidad de las galletas se realizó el análisis microbiológico siguiendo lo solicitado en la norma INEN 2085:2005. Las galletas no evidencian presencia ni de mesófilos aerobios ni de mohos y levaduras, para ambos parámetros el conteo fue 0, cumpliendo con lo que se menciona en la norma (INEN, 2005).

También se realizó un análisis químico para determinar el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante que presentaron las galletas y la harina de cascarilla, se encontró que la cascarilla de cacao utilizada en este proyecto no presentó un elevado contenido de polifenoles al compararlo con otros estudios. Por ejemplo, en un estudio en donde se evaluó el uso de cascarilla de cacao como materia prima para infusiones, encontraron que la cascarilla de cacao presentó un valor promedio de 2500 mg AGE x 100g⁻¹ de muestra, un valor mayor al encontrado en la harina de cascarilla de cacao utilizada (418mg AGE x 100g⁻¹ de muestra seca). Esto puede deberse a que el tipo de cacao utilizado en ambos estudios no fue el mismo, para el estudio se utilizó cacao fino de aroma ecuatoriano mientras que en los estudios se ha utilizado cacao criollo de Venezuela (Sangronis et al., 2014). Igualmente, Nazarío et al., (2014) encontraron que al evaluar 8 variedades distintas de cacao el contenido de polifenoles presentó diferencias significativas. Por lo tanto, la variedad de cacao si influye en el contenido de polifenoles.

Por otro lado, al evaluar la variación del contenido de polifenoles en galletas con cascarilla de cacao como materia prima, se encontró una disminución del 38% en comparación con la harina de cascarilla de cacao. Dicha disminución puede deberse a que el contenido de polifenoles varía mientras mayor es el tiempo de exposición al calor (Esparza et al., 2016). En este caso, el contenido de polifenoles pudo verse afectado ya que la cascarilla de cacao se utilizó para la producción de galletas horneadas a temperaturas elevadas por un tiempo aproximado de 12 minutos.

Al evaluar la capacidad antioxidante de harina de cascarilla de cacao se encontró un valor de 2748,39 $\mu\text{mol Trolox} \times 100\text{g}^{-1}$ de muestra. Estos resultados difieren con lo encontrado por Sangronis et al., (2014) al estudiar el uso de cascarilla de cacao como materia prima para infusiones y obtener valor de 41600 $\mu\text{mol Trolox} \times 100\text{g}^{-1}$ de muestra. La diferencia puede deberse a la metodología utilizada para la medición de la actividad antioxidante. En dicho estudio se realizó el método FRAP (por sus siglas en inglés Ferric Reducing Antioxidant Power) mientras que en este estudio la medición se realizó por DPPH (por sus siglas en inglés 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl). A pesar de que ambos miden la capacidad antioxidante a través de espectrofotometría, FRAP es un ensayo de transferencia de átomos de hidrogeno mientras que DPPH es un ensayo de transferencia de electrones (Fernández et al., 2006). Por otro lado, la variación también puede deberse a que la cantidad de polifenoles fue igualmente mayor en el estudio de Sangronis et al., (2014) debido al tipo de cacao que se utilizó y al tener mayor contenido de polifenoles su actividad antioxidante de igual manera incrementa.

De igual manera que lo sucedido con el contenido de polifenoles, la actividad antioxidante disminuyó en las galletas con cascarilla de cacao en comparación con la harina de cascarilla de cacao. Esta diferencia fue de un 83,9 % y se debe a que el valor para la actividad antioxidante es una consecuencia de la cantidad y estructura química de polifenoles presentes en el alimento (Padilla et al., 2008). Por lo tanto, si las galletas presentaron menor cantidad de polifenoles entonces su actividad antioxidante de igual manera será menor.

Adicional, los resultados de contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante presente en la harina de cascarilla de cacao del estudio, fueron mayor en comparación con harina de trigo blanca comercial. En un estudio realizado por Sánchez, (2016) en donde se evaluaron los compuestos bioactivos y nutrientes del trigo, se menciona que el contenido de polifenoles para la harina de trigo blanca es 43,71 mg x 100g⁻¹ de muestra. Eso difiere con el contenido de polifenoles encontrados en este estudio para harina de cascarilla de cacao (418 mg x 100g⁻¹ de muestra). Dicha diferencia puede deberse a que se ha demostrado que el cacao tiene alto contenido de polifenoles (Ordoñez et al., 2019a).

Del mismo modo, en un estudio realizado por De la Cruz, (2023) al evaluar la capacidad antioxidante de harinas de trigo de Perú, encontraron que la harina con mayor capacidad antioxidante fue la que tuvo 155,18 μmol x 100 g⁻¹ de muestra y la que tuvo menor capacidad antioxidante fue de 45,75 μmol x 100 g⁻¹ de muestra. Esto difiere con lo encontrado en el estudio debido a que, la harina de cascarilla utilizada presentó 2748,38 μmol x 100 g⁻¹ de muestra de capacidad antioxidante. El aumento de la capacidad antioxidante puede deberse al alto contenido de polifenoles que presenta el cacao (Ordoñez et al., 2019a).

10. Conclusiones

El análisis sensorial permitió determinar la aceptación de las galletas en un público meta, a través de encuestas que midieron el grado de satisfacción de los encuestados para parámetros de color, olor, sabor y crocancia. Se pudo determinar que el tratamiento con mayor aceptación fue el tratamiento 3, el cual fue elaborado con 60% harina de trigo, 40% harina de cascarilla de cacao y azúcar. Mientras que, los tratamientos 2 y 4, elaborados con estevia como reemplazo de azúcar, fueron los que presentaron menor aceptación. Es decir, el uso de estevia generó un impacto negativo en las características sensoriales como olor, color, sabor y crocancia.

Mediante el análisis bromatológico se determinó la información nutricional de las galletas y se encontró que es un producto alto en calorías, con un semáforo nutricional

rojo (alto) en grasa y azúcar. Sin embargo, presentaron las galletas desarrolladas, mayor porcentaje de fibra y proteína que galletas que no incluye en su formulación cascarilla de cacao. Lo que se puede concluir que la cascarilla de cacao si aporta fibra y proteína y puede ser incluida como ingrediente para la fabricación de productos de panadería y pastelería. En cuanto al análisis microbiológico, se concluye que las galletas fueron elaboradas cumpliendo con estándares de calidad e inocuidad debido a que no se detectó la presencia de parámetros microbiológicos como mesófilos aerobios, mohos y levaduras.

En las galletas elaboradas con harina de trigo sustituida parcialmente con harina de cascarilla de cacao se evidenció la presencia de polifenoles. Sin embargo, debido a que el contenido es bajo en comparación con otros estudios se concluye que ciertos factores como: la variedad de cacao, la zona de cultivo y el proceso post-cosecha influyen en el contenido de polifenoles. Adicionalmente, se observó que el contenido de polifenoles disminuyó en galletas ya que el contenido de polifenoles varía mientras mayor es el tiempo de exposición al calor.

11. Recomendaciones

Realizar análisis del contenido de polifenoles y actividad antioxidante de cada fase de la materia prima desde el grano, cascarilla y harina de cacao para evaluar la pérdida de polifenoles en cada parte del proceso.

Realizar el análisis bromatológico del tratamiento control, galletas sin cascarilla de cacao, para observar los beneficios que aporta el uso de cascarilla de cacao en cuanto a parámetros nutricionales.

Realizar un análisis químico a la cascarilla de cacao para garantizar la ausencia de micotoxinas, específicamente ocratoxina.

Modificar la formulación de las galletas, variando la cantidad y el uso de algunos ingredientes para conseguir obtener un producto más saludable en cuanto a la cantidad

de grasa y azúcar pero que mantenga sus beneficios antioxidantes y a su vez probar otro tipo de edulcorante que de mejores resultados en cuanto a sabor y textura del producto.

Realizar un análisis de estabilidad para conocer el tiempo de vida útil de las galletas.

Referencias

- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (20th ed.). Washington D.C., USA.: Association of Official Analytical Chemists. ISBN: 0935584870.
- Alonso, N. (2014). Etnoarqueología del proceso de molienda manual de cereales: grañones, sémolas y harinas. *Revista d'Arqueologia de Ponent*. 24, 113-136.
- Armando, A., Pérez, L. y Arrazola, G. (2011). Estudio de Propiedades Físicas y Viscoelásticas de Panes Elaborados con Mezclas de Harinas de Trigo y de Arroz Integral. *Información tecnológica*, 22(4), 107-116.
- Andrade, D. y Delgado, J. (2023). *Relación de porcentajes de harina de cáscaras de cacao CCN-51 y trigo sobre características fisicoquímicas y sensoriales de una galleta integral*. (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Manabí). TIC_AI26D.pdf (espam.edu.ec)
- Anecacao. (23 de Julio de 2023). *Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, Ecuador*. <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacao-nacional.html>
- Bernal, T. (2021). *Revalorización de residuos de la Industria de Chocolate para la obtención de biomoléculas de interés industrial a partir de la cascarilla de cacao*. (Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca). Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.
- Calzada, R., Ruiz, M., Altamirano, N. y Mercedes, M. (2013). Características de los edulcorantes no calóricos y su uso en niños. *Acta Pediatría Mex*. 34, 141-153.
- Carrasco, O. (2015). *Obtención de harina baja en gluten a partir de la cascarilla de cacao de las variedades CCN-51 Y NACIONAL*. Unidad académica de ciencias químicas y de salud. (Tesis de pregrado, Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/3647>

- Castro, M., Hernández, J., Marcilla, S., Córdova, J., Solari, F. y Chire, G. (2016). Efecto del contenido de grasa en la concentración de polifenoles y capacidad antioxidantes de *Theobroma cacao* L. "CACAO". *Ciencia e Investigación*. 19(1), 19-23. <https://doi.org/10.15381/ci.v19i1.13623>
- Cortez, J., Faicán, M., Pirovani, M. y Piagentini, A. (2018). Determinación de polifenoles en frutas con vitamina C incorporada: Metodología para mejorar la especificidad del ensayo FolinCiocalteu. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 19(2).
- De la Cruz, R. (2023). *Evaluación de la capacidad antioxidante total de las harinas de trigo comercializadas en el Perú*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión). <http://hdl.handle.net/20.500.14067/7752>
- De Taeye, C., Bodart, M., Caullet, G. y Collin, S., 2017. Roasting conditions for preserving cocoa flavan-3-ol monomers and oligomers: interesting behaviour of Criollo clones. *Journal of Science Food Agriculture*. 97, 4001–4008. doi: 10.1002/jsfa.8265
- Esparza, F. Miranda, L, Guzmán, S. (2016). Efecto de la temperatura sobre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante del residuo de la producción de jugo de mandarina. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(1), 843-850.
- Fernández, M., Villano, D., Troncoso, A., García, M. (2006). Revisión de los métodos de evaluación de la actividad antioxidante in vitro del vino y valoración de sus efectos in vivo. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 56(2).
- Fuentes, L., Acevedo, D. y Gelvez, V. (2015). Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 13(2), 140-149, [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)140-149](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)140-149).
- Ganorkar, P. y Jain, R. (2014). Effect of flaxseed incorporation on physical, sensorial, textural and chemical attributes of cookies. *International Food Research Journal, Selangor*, 21(4), 1515-1521.

- García, E., Fernández, I. y Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Universidad Politécnica de Valencia.
- Gonzalez, A. (s.f.). *Harina de trigo blanca o integral ¿Conoces sus diferencias?* Harimsa. <https://www.harimsa.es/harina-de-trigo-blanca-o-integral-conoces-sus-diferencias/#:~:text=la%20harina%20integral%3F-,La%20diferencia%20entre%20la%20harina%20blanca%20y%20la%20harina%20integral,el%20germen%20ni%20el%20endospermo>
- Hailu, H. (2018). Determination of proximate composition and bioactive compounds of the Abyssinian purple wheat. *Cogent Food & Agriculture*. 4(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1421415>
- Hoyos, M., García, S., Rodríguez, J. y Praena, M. (2020). Características nutricionales y composición de las galletas disponibles en el mercado español y de las galletas dirigidas a la población infantil. *Pediatría Atención Primaria*, 22 (86).
- Illanes, A. (2015). Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana Biotecnología*. 17(1), 5-8. 10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50997
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1981a). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración de ión hidrogeno*. (Archivo PDF). <https://archive.org/details/ec.nte.0526.1981>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1981b). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento*. (Archivo PDF). <https://archive.org/details/ec.nte.0518.1981/mode/2up>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1981c). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa*. (Archivo PDF). <https://ia802909.us.archive.org/25/items/ec.nte.0523.1981/ec.nte.0523.1981.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1981d). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda*. (Archivo PDF). <https://ia801902.us.archive.org/6/items/ec.nte.0522.1981/ec.nte.0522.1981.pdf>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1998). *Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad.* (Archivo PDF). <https://ia801900.us.archive.org/5/items/ec.nte.1529.10.1998/ec.nte.1529.10.1998.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2005). *Galletas. Requisitos.* (Archivo PDF). <https://ia904701.us.archive.org/13/items/ec.nte.2085.2005/ec.nte.2085.2005.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2006). *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesofilos REP.* (Archivo PDF). <https://ia902906.us.archive.org/16/items/ec.nte.1529.5.2006/ec.nte.1529.5.2006.pdf>
- Krotz, L., Leone, F., Giazzi, G. (s.f). *Nitrogen/Protein Determination in Food and Animal Feed by Combustion Method (Dumas) using the Thermo Scientific FlashSmart Elemental Analyzer.* <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CMD/Application-Notes/AN-42262-OEA-Nitrogen-Protein-Food-Animal-Feed-FlashSmart-AN42262-EN.pdf>
- Lewis, M. (2023). *Food Process Engineering Principles and Data.* Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821182-3.00043-1>
- Loubes, A. (2015). *Molienda seca y húmeda de arroz en molino planetario. Cinética de la molienda, efecto de las condiciones de molienda en las propiedades funcionales de la harina y del almidón y diseño de mezclas para pastas sin gluten.* (Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires) https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis_n5660_Loube
- Ma, S. (2019). *Discovery and dissemination of new knowledge in food science: Analytical methods for quantification of polyphenols and amino acids in fruits and the use of mobile phonebased instructional technology in food science*

education (Tesis de doctorado, Virginia Polytechnic Institute and State University). <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/100997>

- Manzur, F. Morales, M., Ordosgoitia, J., Quiroz, R., Ramos, Y. y Corrales, H. (2020). Impacto del uso de edulcorantes no calóricos en la salud cardiometabólica. *Revista Colombiana de Cardiología*. 27(2), 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.11.003>
- Marcano, C. (25 de septiembre de 2023). *Carbs in Milk and Nutrition Facts*. Healthy Beat. <https://healthybeat.com/nutrition/carbs-in-milk/>
- Millone, M. (2010). Alimentos funcionales: análisis de la recomendación en la práctica diaria. *Diaeta*, 29 (134), 7-15.
- Murillo, S., Ponce, F., Huamán, M. (2020). Características fisicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.) Manglar, *Revista de investigación científica*, 17(1), 67-73. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.011>
- Nazario, O. Ordóñez, E. Mandujano, Y. Arévalo, J. (2014). Polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante de granos secos y análisis sensorial del licor de cacao (*Theobroma cacao* L.). Criollo y siete clones. *Investigación y Amazonia*, 3(1), 51-59.
- Nieto, K., Mendoza, N., Campos, R. (2020). *Cocoa by products*. Food Wastes and *By-products*: Nutraceutical and Health Potential. (1ra ed). <https://doi.org/10.1002/9781119534167.ch13>
- Olmedilla, B., Granado, F. (2007) *Componentes bioactivos. Alimentos funcionales: aproximación a una nueva alimentación*. Instituto de Nutrición y Trastornos alimentarios. Dirección general de Salud Pública y alimentación.
- Ordoñez, E. León, A., Rivera, H. y Vargas, E. (2019a). Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao*), tuna (*Opuntia ficus indica*), uva (*Vitis vinifera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). *Scientia Agropecuaria*. 10(2). 175-183. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.02>

- Ordoñez, S., Vera, J, y Tigselema, S. (2019b). Cascarilla de cacao (Theobroma Cacao I.) De líneas híbridas para la elaboración de rehiletos de chocolate. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(2), 136-141
- Padilla, F., Rincón, A., Bou-Rached, L. (2008). *Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 58 (3). <http://www.alanrevista.org/ediciones/2008/3/art-14/>
- Pilaloo, W., Alvarado, A., Pérez, D. y Torres, S. (2021). Manejo agroecológico de la Moniliasis en el cultivo de cacao (Theobroma cacao) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón La Troncal. *Revista Alfa.* 5(15), 453–468. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.129>
- Quiñones, M., Miguel, M. y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables. *Nutrición Hospitalaria.* 27(1), 76-89.
- Ramos, C. (09 de septiembre de 2018). *Mantequilla vs margarina ¿Cuál es más saludable?* <http://www.ramosclemente.es/blog/2018/09/mantequilla-vs-margarina-cual-es-mas-saludable/#:~:text=La%20mantequilla%20aporta%20m%C3%A1s%20grasa,si%20queremos%20controlar%20nuestro%20peso.>
- Rojas Mori, E. (2022). Desarrollo de galletas altas en fibra con incorporación de residuos de procesamiento de café y cacao. (Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas). <https://hdl.handle.net/20.500.14077/2809>
- Samaniego, I., Espín, S., Quiroz, J., Ortiz, B., Carrillo, W., García, C., Mena, P., (2019) Effect of the growing area on the methylxanthines and flavan-3-ols content in cocoa beans from Ecuador, *Journal of Food Composition and Analysis.* 88. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103448>
- Sánchez, I. (2016). *Nutrientes y compuestos bioactivos del trigo: fibra y polifenoles.* (Tesis de pregrado, Universidad Complutense de Madrid). <https://hdl.handle.net/20.500.14352/66490>

- Sangronis, E., Soto, M., Yolmar, V. y Buscema, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 64 (2), 123-130.
- Sifre, M., Peraire, M., Simó, D., Segura, A., Simó, P. y Tosca, P., (2018). La harina. <https://bibliotecavirtualsenior.es/wp-content/uploads/2019/06/LA-HARINA.pdf> el 26/07/2023.
- Sohaimy, S. (2012). Functional Foods and Nutraceuticals Modern Approach to Food Science. *World Applied Sciences Journal*. 20(5), 691-708. 10.5829/idosi.wasj.2012.20.05.66119
- Stephens, N., Valdez, S., Lastra, G. y Félix, L. (2018). Consumo de edulcorantes no nutritivos: efectos a nivel celular y metabólico. *Perspectivas en Nutrición Humana*. 20(2), 185-202. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v20n2a06>
- Terán, F. (2019). *Aprovechamiento de la cascarilla de cacao (THEOBROMA CACAO L.) para la elaboración de un producto agroindustrial*. (Tesis de Pregrado, Universidad de las Américas). <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10599>
- Temas de ciencia y tecnología (2009). *Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales*. 13 (38), 27 – 32.
- Teneda, W., Ah-Hen, K., Lemus, R. (2018). Caracterización de una infusión de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L., var. Arriba) con hierbas aromáticas. *Agro Sur*, 45(3), 47–55. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n3-07>.
- Teneda, W., Guáman, M. y Oyaque, S. (2019). Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como infusión: caso Tungurahua-Ecuador. *Cuadernos de Contabilidad*, 20 (50), <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc20-50.eicc>.
- Valladares, P., de Matos, N., Mattos, G. y Ferri, P. (2017). Doenças relacionadas ao glúten. *Revista Médica de Minas Gerais*, 27 (3), 51-58. <https://dx.doi.org/10.5935/2238-3182.20170030>
- Vázquez, A., Ovando, I., Adriano, L., Betancur, D. y Salvador, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y

sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 66(3), 239-254.

- Vásquez, A., Quintero, C., Trujillo, J., Perdomo, E. (2022). Aprovechamiento de subproducto del cacao para la elaboración de galletas. *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*, 4(4), 79-85. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/raaa/article/view/4704>
- Vieira, T., Freitas, F., Silva, L. y Barbosa, W. (2015). Effect of wheat flour substitution on the development of gluten-free cookies. *Brazilian Journal of Food Technology. Campinas*, 18(4), 285-292. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1815>
- Villamizar, A., López, L. (2017). Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: simulación de una planta piloto para su extracción. *Respuestas*, 22(1), 75-83. <https://doi.org/10.22463/0122820X.821>
- Villanueva, R. (2014). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial*, (32), 231-246. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2014.n032.123>

Anexos

Anexo A. Fotografías de la materia prima utilizada



Figura 1A

Cascarilla de cacao seca



Figura 2A

Harina de cascarilla de cacao

Anexo B. Fotografías de pruebas preliminares



Figura 1B

Tostado del grano de cacao



Figura 2B

Tamizado manual de la harina de cascarilla de cacao



Figura 3B

Galletas elaboradas con 80% harina de cascarilla de cacao y 20% harina de trigo

Anexo C. Cálculo proximal por ingredientes para tabla nutricional

Tabla 1C

Composición de cada ingrediente

Ingredientes (COMPOSICIÓN)	Total macronutri entes	Humedad	Grasa total	CHO total	Fibra	Azúcares totales (MyD)	Proteína	Colesterol	Sodio
Harina de trigo	99,52	12,2	1,52	74,4	2,7	71,7	11,4		
Azúcar	100,14	0,02	0,32	99,8	0,2	99,6	0		1
Mantequilla	100	8	92	0	0	0	0	234	10
Harina de cascarilla de cacao	100	7,75	1,25	72		0	19		
Huevo	99,12	75,8	9,96	0,96	0,76	0,2	12,4		
Esencia de vainilla	99,99	90	3,33	3,33	0	3,33	3,33		
Polvo para hornear	0		0	0	0	0	0		9920

Tabla 2C*Composición proximal de cada ingrediente*

Ingredientes	Gramos	%	Grasa total	CHO total	Fibra	Azúcares totales (MyD)	Proteína	Colesterol	Sodio
Harina de trigo	132	22,86	0,35	17,01	0,62	16,39	2,61	0,00	0,00
Azúcar	150	25,97	0,08	22,81	0,05	22,77	0,00	0,00	0,23
Mantequilla	150	25,97	23,90	0,00	0,00	0,00	0,00	53,49	2,29
Harina de cascarilla de cacao	88	15,24	0,86	0,22	0,17	0,05	2,83	0,00	0,00
Huevo	50	8,66	0,02	0,76	0,00	0,76	0,76	0,00	0,00
Esencia de vainilla	3	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2267,43
Polvo para hornear	4,5	0,78	0,19	16,46	0,00	0,00	4,34	0,00	0,00
TOTAL PROXIMAL	577,5	100,00	25,40	57,25	0,84	39,96	10,54	53,49	2269,94
TOTAL		577,5	146,67	330,65	4,83	230,78	60,89	308,88	13108,92
TOTAL POR PORCIÓN			7,62	17,18	0,25	11,99	3,16	16,05	680,98