

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

ESCUELA DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

UDLAP®

Elaboración de pan de masa madre fortificado con catequinas provenientes de *Camellia Sinensis*.

Tesis que, para completar los requisitos del Programa de Honores presenta la estudiante

Victoria Marlasca Couoh

ID 162818

Licenciatura en Ciencias de la Nutrición

Directores de Tesis

Dra. Ana Eugenia Ortega Regules

Dr. José Daniel Lozada Ramírez

San Andrés Cholula, Puebla.

Primavera 2022

Tesis que, para completar los requisitos del Programa de Honores presenta la estudiante
Victoria Marlasca Couoh ID 162818

Directores de Tesis

Dra. Ana Eugenia Ortega Regules

Dr. José Daniel Lozada Ramírez

Presidente de Tesis

Dra. Laura Marissa Islas Romero

Secretario de Tesis

Dra. Taisa Sabrina Silva Pereira

Esta tesis está dedicada a:

Mis padres, Paco y Maru, quienes me enseñan a ser mejor cada día.

Mis Hermanos, Sofia y Paco, por ser mis mejores amigos.

Todas las personas que me ayudaron durante el proceso, porque nunca me había sentido tan apoyada.

Resumen:

El té verde presenta diversas propiedades benéficas para la salud, tales como antiinflamatorias, anticancerígenas y antioxidantes. Estos beneficios han sido descritos como dosis-dependientes y mayores en consumidores frecuentes. México presenta una baja ingesta de té verde, por ende, se buscan alternativas para incrementar su consumo.

Para proponer opciones de productos que contengan té verde y que a través de estos se potencie el consumo del mismo y sus beneficios, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las propiedades funcionales de un pan de masa madre fortificado con té verde.

Se prepararon infusiones de té verde (4 g/240 mL, 8 g/ 240 mL 16 g/240 mL y 4 g matcha/240 mL) y se adicionaron a los panes elaborados con masa madre (100 g de harina integral orgánica, 300 g de harina refinada, 2 g de levadura, 6 g de sal y 240 mL de agua o infusión de té verde). Para determinar la pérdida de compuestos bioactivos y de su actividad antioxidante, posterior a la elaboración de los panes, se evaluó espectrofotométricamente el índice de polifenoles a 280 nm, el contenido de compuestos fenólicos por el método de Folin-Ciocalteu, taninos, antocianinas por el método del diferencial de pH y la capacidad antioxidante por el método del ABTS⁺. Todos los análisis fueron realizados por triplicado. Finalmente, para determinar la aceptación del producto se realizaron diferentes pruebas de evaluación sensorial (aceptabilidad, análisis sensorial descriptivo y cuestionario de evaluación de consumo). Para el análisis estadístico de los atributos se realizaron las pruebas de ANOVA y Tukey.

Los resultados indican una pérdida de compuestos fenólicos de 81.8 - 98.6%, de índice polifenólico entre 24.0-88.2%, de capacidad antioxidante de 5.4–78.1% y de taninos del 100% de los panes evaluados, comparados contra los extractos de té verde. El pan con la menor pérdida de compuestos bioactivos fue el elaborado con 4 g de té verde matcha/240 mL. Por otro lado, ni las infusiones ni los panes presentaron antocianinas. En las pruebas de evaluación sensorial participaron 16 panelistas, siendo el pan con mayor aceptabilidad el elaborado con una infusión de 16 g de té verde/240 mL. La diferencia significativa solo fue observada para el color y el sabor de los panes elaborados con matcha. Para el aroma, la textura de la miga y de la corteza, no se presentaron diferencias significativas.

Se puede concluir que, aunque se observó pérdida de compuestos fenólicos durante la elaboración del pan de masa madre enriquecido con té verde, se conserva un porcentaje en el producto final y que el pan de masa madre sí es aceptado por los consumidores. Por ello, el consumo de este producto es una alternativa para aumentar la ingesta de compuestos bioactivos provenientes del té verde.

Palabras clave: Compuestos fenólicos, catequinas, *Camellia sinensis*, alimento funcional, enriquecido

Abstract:

Green tea has a great diversity of health benefits, such as anti-inflammatory, anti-cancerigenous and antioxidant properties. This health benefits have been described as dose-dependent and more likely to be found in people who consume green tea frequently. Mexican population has a low intake of green tea, creating the necessity to search for alternatives to increase its intake.

In order to come up with products enriched with green tea that can increase the consumption as well as the benefits related to it. This work had the objective to evaluate the functional properties of sourdough fortified with green tea.

The green tea infusions (4 g/240 mL, 8 g/ 240 mL 16 g/240 mL y 4 g matcha/240 mL) were added to sourdough bread (100 g whole wheat flour, 300 g wheat flour, 2 g yeast, 6 g salt a nd 240 mL water or infusion). To determine the loss of bioactive compounds and antioxidant activity after bread baking, spectrophotometrically analyses were made. The methods used were polyphenol index at 280 nm, phenolic compound content by Folin-Ciocalteu method, tannin content, anthocyanins by differential pH method and antioxidant capacity by ABTS+ method. All analysis were made in triplicate. Finally in order to determine the acceptance of the product, different sensorial evaluations were made (acceptability, descriptive sensorial analysis, and market evaluation). The statistical analyses of the characteristics were made by ANOVA and Tukey test.

The results indicate a loss of phenolic compounds of 81.8 - 98.6%, polyphenol index loss of 24.0-88.2%, antioxidant capacity loss of 5.4–78.1% and tannins loss of 100%, of the fortified breads compared to the respective original extracts. The bread

with less bioactive compound loss was the bread made with 4 g of matcha/ 240 mL; on the other hand, neither the extracts nor the breads presented any anthocyanin content. In the sensorial evaluation panel, formed by 16 participants, the bread made with 16 g green tea/ 240 mL was found to be the one with greater acceptance. There was a significant difference in the color and flavor parameters when it came to the bread made with matcha, the smell, crust and crumb texture did not have a significant difference.

In conclusion, even though there was a loss of phenolic compounds during the process of making sourdough bread enriched with green tea, a percentage of it was preserved on the final product; also, enriched bread was accepted by consumers. This makes the final product an alternative to increase the intake of bioactive compounds from green tea.

Key words: Phenolic Compounds, Catechins, Camellia sinensis, Functional Food, Enriched Bread.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	13
2	JUSTIFICACIÓN.....	15
3	OBJETIVOS.....	16
3.1	OBJETIVO GENERAL	16
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4	MARCO TEÓRICO	18
4.1	CARACTERÍSTICAS DE <i>CAMELLIA SINENSIS</i>	18
4.2	HISTORIA Y DIVERSIFICACIÓN DE <i>CAMELLIA SINENSIS</i>	19
4.3	GENERALIDADES DE <i>CAMELLIA SINENSIS</i>	20
4.4	COMPUESTOS ANTIOXIDANTES DE <i>CAMELLIA SINENSIS</i>	21
4.4.1	<i>Antocianinas</i>	23
4.4.2	<i>Otros compuestos de Camellia Sinensis</i>	24
4.4.3	<i>Catequinas; Estructura química y estabilidad</i>	26
4.5	DIFERENCIAS EN EL PERFIL DE LAS CATEQUINAS SEGÚN LA PREPARACIÓN TECNOLÓGICA DE TÉ	28
4.6	BENEFICIOS DE <i>CAMELLIA SINENSIS</i> SOBRE LA SALUD	30
4.6.1	<i>Actividad cardioprotectora de Camellia sinensis</i>	30
4.6.2	<i>Actividad antioxidante de Camellia sinensis</i>	31
4.6.3	<i>Actividad anticancerígena de Camellia sinensis</i>	33
4.6.4	<i>Actividad antihipertensiva de Camellia sinensis</i>	34
4.6.5	<i>Actividad antiinflamatoria de Camellia sinensis</i>	35
4.6.6	<i>Actividad antiobesogénica de Camellia sinensis</i>	36
4.7	CATEQUINAS, DOSIS RECOMENDADAS Y RIESGO DE TOXICIDAD	38
4.8	ELABORACIÓN DE PAN	38
4.8.1	<i>Microorganismos y elaboración de pan</i>	39
4.8.2	<i>Pan de masa madre</i>	39
4.8.3	<i>Productos panarios enriquecidos con compuestos fenólicos</i>	40
4.8.4	<i>Alimentos enriquecidos con Camellia sinensis</i>	41
5	METODOLOGÍA.....	43
5.1	PLAN DE INVESTIGACIÓN	43
5.1.1	<i>Preparación de muestras</i>	43
5.1.2	<i>Análisis y cuantificación</i>	46
5.1.3	<i>Evaluación sensorial</i>	46
5.2	PREPARACIÓN DE EXTRACTOS	48
5.3	ELABORACIÓN DE MASA MADRE	48
5.3.1	<i>Procedimiento</i>	48
5.4	PREPARACIÓN DE PAN DE MASA MADRE	49
5.5	ANÁLISIS SENSORIAL	49
5.6	PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS.....	50
5.7	ÍNDICE DE POLIFENOLES TOTALES.....	51
5.8	CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS.....	51
5.9	ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	52
5.10	CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS	52

5.11	DETERMINACIÓN DE TANINOS TOTALES	53
5.12	COSTEO Y EVALUACIÓN DE VIABILIDAD ECONÓMICA	53
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
6.1	ELABORACIÓN DE PANES DE MASA MADRE ENRIQUECIDOS CON TÉ VERDE	54
6.2	EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LOS PANES	56
6.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ANÁLISIS SENSORIAL DE PANES; PAN CON EXTRACTO DE 8 GR DE <i>CAMELLIA SINENSIS</i> ,(PC8), ; PAN CON EXTRACTO DE 16 GR DE <i>CAMELLIA SINENSIS</i> ,(PC16), ; PAN CON MATHCA (PM, ; PAN CON <i>CAMELLIA SINENSIS</i> COMPLETA ,(PCC), ; PAN CONTROL (PC).....	64
6.4	PREPARACIÓN DE EXTRACTOS DE TÉ VERDE.....	65
6.5	CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS.....	65
6.6	DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	69
6.7	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE POLIFENOLES TOTALES	72
6.8	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS	74
6.9	DETERMINACIÓN DE TANINOS TOTALES	74
6.10	EVALUACIÓN DE VIABILIDAD COMERCIAL Y ECONÓMICA	76
6.11	COSTEO Y EVALUACIÓN DE VIABILIDAD ECONÓMICA.	76
7	CONCLUSIONES	77
8	BIBLIOGRAFÍA.....	79
9	ANEXOS.....	96
9.1	RECTAS DE CALIBRADO	96
9.2	CUESTIONARIOS DE ANÁLISIS SENSORIAL Y DE CONSUMIDOR	97
9.3	CAMBIO DE COLOR EN EL PAN ANTES Y DESPUÉS AL HORNEADO	102
9.4	PORCENTAJE DE PERDIDA DE ACTIVIDAD EN DISTINTAS METODOLOGÍAS.....	102

Índice de tablas

Tabla 4.1 Tipos de té verde (Ahmed et al., 2013).....	20
Tabla 5.1 Claves de extractos y panes.....	47
Tabla 6.1. . Posibilidad de compra de producto conociendo y sin conocer los beneficios a su salud.....	64
Tabla 6.2 Promedio de puntuación por medio de análisis hedónico (5 puntos).....	65
Tabla 6.3. Contenido de compuestos fenólicos en extractos de té verde y panes fortificados con té verde.	67
Tabla 6.4 Actividad antioxidante por ABTS+• en extractos de té verde y panes fortificados con té verde.	69
Tabla 6.5 Resultados de índice de Polifenoles.....	72
Tabla 6.6 Resultados de cuantificación de taninos totales.....	75
Tabla 6.7. Precio de elaboración de panes enriquecidos con té verde.....	76
Tabla 9.1 Prueba de evaninación sensorial afectiva.....	97
Tabla 9.2 Cuestionario de análisis sensorial descriptivo.....	98
Tabla 9.3 Cuestionario de evaluación de consumidor de mercado.....	99

Índice de Figuras

Figura 4.1 <i>Camellia sinensis</i> . (Gallo, 2021).....	18
Figura 4.2. Clasificación de compuestos fenólicos adaptada (Singh et al., 2011).....	22
Figura 4.3. <i>Camellia sinensis</i> con bajo contenido de antocianinas roja (Lorenzo & Munekata, 2016).	23
Figura 4.4. . <i>Camellia sinensis</i> originaria de África, conocida por su alto nivel de antocianinas, los cuales le dan la pigmentación roja (Lorenzo & Munekata, 2016).....	24
Figura 4.5 Estructura química de las catequinas. (Xu et al., 2019).....	27
Figura 4.6. Degradación de catequinas (Quan Vuong et al., 2011).	28
Figura 4.7 Ruta metabólica FOXO y sus análogos en mamíferos (Klotz et al., 2015).....	32
Figura 4.8. Rutas de la diferenciación de adipocitos (Moon et al., 2007).	37
Figura 5.1 Metodología de preparación de pan enriquecido con <i>Camellia sinensis</i>	44
Figura 5.2. Relación de los extractos originarios con los panes enriquecidos.....	45
Figura 5.3. Metodología de análisis y cuantificación de compuestos.....	46
Figura 5.4. Metodología de evaluación sensorial de pan de nada madre.....	47
Figura 6.1. . Masas preparadas con té verde previo al horneado; PC16 (izquierda) y PCC (derecha);.....	54
Figura 6.2. Masas preparadas con té verde previo al horneado; PM (izquierda), PC8 (centro) y PC (derecha)	54
Figura 6.3. Panes enriquecidos con té verde y control. De izquierda a derecha; PM, PC8, PC, PCC, PC16.	55
Figura 6.4. . Grado de aceptabilidad de color de los panes; Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC)	57
Figura 6.5. Percepción de características de color de los panes.....	58
Figura 6.6 Grado de aceptabilidad del sabor de los panes Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC)	59
Figura 6.7. Percepción de características de sabor de los panes.	60
Figura 6.8. Grado de aceptabilidad del aroma de los panes. Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC)	61
Figura 6.9 . Percepción de características del aroma de los panes.....	61
Figura 6.10. Grado de aceptabilidad de la textura de la miga. Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC)	62
Figura 6.11 Grado de aceptabilidad de la textura de la corteza. Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC).....	63
Figura 6.12. Percepción de la textura de la miga de los panes.....	63
Figura 6.13.. Extractos de té (A) y extractos de panes (B). De izquierda a derecha: EC8 (A1) y PC8 (B1); EC16 (A2) y PC16 (B2); PM (A3) y EM (B3); PCC (A4) y ECC (B4); PC (A5) y EC (B5).	66

Figura 6.14. Contenido de compuestos fenólicos en muestras de pan preparados con extractos de té verde.....	68
Figura 6.15 Contenido de compuestos fenólicos en extractos de té verde.....	68
Figura 6.16 Cuantificación de actividad antioxidante de muestras de panes preparados con extractos de té verde.....	70
Figura 6.17. Actividad antioxidante de las muestras de extractos de té verde.....	71
Figura 6.18 Gráfico de Índice de Polifenoles de Panes	73
Figura 6.19 Gráfico de Índice de Polifenoles de Té.....	73
Figura 6.20 Gráfico de cuantificación de taninos totales de extractos.....	75
Figura 9.1. Recta de calibrado de ácido gálico.	96
Figura 9.2 Recta de calibrado de Trolox.	97
Figura 9.9 Gráfica de intervalos de textura de miga de los panes.....	101
Figura 9.10 Gráfica de comparación de intervalos de confianza de diferencias de textura de miga en todos los panes.....	101
Figura 9.13 Tabla Pantone de colores en los panes antes y después del horneado.....	102
Figura 9.15. Porcentaje de pérdida de compuestos fenólicos	102
Figura 9.16 Porcentaje de pérdida de actividad antioxidante	103
Figura 9.17 Porcentaje de pérdida de Índice de polifenoles	103

1 Introducción.

Hoy en día, nuestro organismo está constantemente expuesto a agentes agresores debido al ritmo y calidad de vida que enfrentamos; lo anterior provoca que nuestros mecanismos de defensa y reparación celular sufran una sobrecarga de agentes oxidantes. Una de las principales causas son los agentes oxidantes los cuales dañan estructuras celulares, causando inflamación, activando rutas metabólicas de estrés, creando a su vez más especies reactivas. El estado celular de alta carga oxidativa eleva la prevalencia de enfermedades crónicas degenerativas no transmisibles (Pupo et al., 2017).

Por otro lado, los alimentos de origen vegetal juegan un rol indispensable para evitar la oxidación celular, gracias a la presencia de sustancias bioactivas entre las que se encuentran los polifenoles. Estos poseen actividad antioxidante, ya que tienen la capacidad de donar electrones a agentes oxidantes o radicales libres, protegiendo así la integridad de la célula (Pupo et al., 2017).

Uno de los alimentos con mayor actividad antioxidante es el té verde, una bebida originaria de Asia, proveniente de la planta *Camellia sinensis*, la cual es consumida ampliamente en todo el mundo. Su amplio perfil de compuestos fenólicos comprende, en su mayoría, flavonoides denominados catequinas. Las catequinas, además de proteger la integridad celular, han demostrado tener la capacidad de inhibir o estimular algunas rutas metabólicas (Chacko et al., 2010)

Múltiples estudios demuestran que la relación de los beneficios del té verde a la salud es directamente proporcional a la cantidad de consumida. En la mayoría de la bibliografía

revisada durante la realización de este trabajo de investigación, se recomienda consumir de 3 a 5 tazas al día para evidenciar mayores beneficios, aunque incluso se llega a mencionar el consumo de 7 a 10 tazas al día o su equivalente en catequinas (Kuriyama et al., 2006; Yang et al., 2014; Vázquez Cisneros et al., 2017; Singh et al., 2015; Valavanidis, 2019).

Sin embargo, México es de los países que menos té consume, con menos de la mitad de la población siendo consumidores y mostrando una ingesta de 7.8 tazas al año per cápita. Esto puede estar privando a la población mexicana de los efectos beneficiosos del té a la salud, como salud cardiovascular, actividad antioxidante, anticancerígena, etc. Por otro lado, la población mexicana si tiene uno de los consumos más altos de pan en América latina, siendo de 33 kg anuales de pan per cápita. (Martínez, Jesús Guadalupe 2018. Ramírez, 2017)

Un pan enriquecido con catequinas para la creación de un alimento funcional con mayor cantidad de compuestos fenólicos que un pan tradicional puede ofrecer a la población un mayor aporte de estos compuestos, aumentando la salud del consumidor.

2 Justificación.

Múltiples estudios demuestran que la cantidad de té verde consumido es proporcional a los beneficios que este aporta a la salud (Schneider C et al. 2009, Clement Y. 2009). Se ha descrito que el consumo de 3 a 5 tazas de esta bebida brinda mayores beneficios, aunque incluso se llegan a recomendar el consumo de 7 a 10 tazas al día o su equivalente en catequinas. La mayor parte de la población mexicana no suele consumir té verde en estas cantidades, siendo insuficiente su aporte para reportar beneficios significativos a la salud. (Kuriyama et al., 2006; Yang et al., 2014; Vázquez Cisneros et al., 2017; Singh et al., 2015; Valavanidis, 2019. Martínez, Jesús Guadalupe 2018).

Debido a lo anterior, es importante plantearse otra forma de consumir los compuestos antioxidantes del té verde, para obtener los mayores beneficios posibles. Esta tesis se enfocó en el enriquecimiento con té verde de productos panarios elaborados a partir de masa madre, se decidió realizarlo de esta manera debido a que este resulta un producto atractivo y fácil de comercializar, el cual es muy consumido por la población mexicana. (Ramírez, 2017)

Es importante analizar la cantidad de compuestos antioxidantes activos en el producto finalizado, después del proceso de horneado, puesto que las catequinas son compuestos termolábiles que sufren cambios conformacionales al ser expuestas al calor. Esto puede llevar a cambios durante la elaboración del pan, los cuales pueden afectar la actividad antioxidante y los beneficios que se desean obtener de las catequinas consumidas.

La formulación del pan enriquecido con té verde ofrece a la población general una alternativa viable al consumo de té verde para aumentar la ingesta diaria de catequinas, recibiendo mayores beneficios a la salud y mejorando la salud del consumidor.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

- Elaborar 4 tipos distintos de panes enriquecidos mediante la adición de diferentes dosis de catequinas provenientes de *Camellia sinensis* para obtener un alimento con propiedades funcionales.

3.2 Objetivos específicos

- Revisar la bibliografía existente de productos panarios enriquecidos con catequinas provenientes de té verde
- Buscar una metodología de elaboración de pan de masa madre clara y reproducible.
- Obtener una masa madre funcional, con suficientes levaduras para la obtención de un pan de masa madre.
- Elegir la manera más eficaz de fortificar los panes de masa madre.
- Preparar extractos de té verde bajo distintas condiciones para la elaboración de panes.
- Elaborar pan de masa madre bajo diferentes formulaciones, todos ellos enriquecidos con los extractos de té verde previamente realizados.
- Evaluar las características sensoriales de los panes a través de un cuestionario de análisis sensorial descriptivo y su posible aceptación por un panel de consumidores.
- Evaluar las características sensoriales de los panes a través de un cuestionario de análisis sensorial hedónico y su posible aceptación por un panel de consumidores.
- Evaluar la aceptabilidad de compra y consumo de los panes por medio de un cuestionario de análisis de mercado

- Elaborar extractos acuosos de los panes enriquecidos con distintos extractos de té verde
- Preparar extractos de té verde bajo distintas condiciones para la comparación con los panes de análisis de cuantificación.
- Cuantificar la cantidad de compuestos fenólicos en los extractos de té verde y compararlos con el contenido en los distintos panes preparados con dichos extractos.
- Determinar la actividad antioxidante en los extractos de té verde y compararlos con el contenido en los distintos panes preparados con dichos extractos.
- Evaluar el índice de polifenoles totales en los extractos de té verde y compararlos con el contenido en los distintos panes preparados con dichos extractos.
- Medir el contenido de antocianinas en los extractos de té verde y compararlos con el contenido en los distintos panes preparados con dichos extractos.
- Analizar los datos obtenidos de las cuantificaciones de compuestos fenólicos, actividad antioxidante, índice de polifenoles, antocianinas totales y taninos.
- Evaluar la viabilidad económica y de mercado de un pan de masa madre enriquecido con té verde.

4 Marco teórico

4.1 Características de *Camellia sinensis*

La planta *Camellia sinensis*, también llamada *Camellia thea*, pertenece a la familia *Theaceae*, esta es originaria del continente asiático de regiones como el sudeste de China, norte de Vietnam o Laos. Se puede encontrar a las orillas de los bosques chinos, a grandes altitudes (100-2200 msnm) y puede llegar a medir hasta 180 cm. De la *Camellia sinensis* proviene el té verde, la bebida más consumida en el mundo después del agua. (Gallo, 2021; Factsheet - *Camellia sinensis*, Tea Plant, 2011).

Se caracteriza por su color verde, ligeramente más oscuro cerca de la raíz, hojas verdes de 1 a 15 cm de longitud y flores blancas-amarillentas de 2 a 5 cm de ancho (**Figura 4.1**) (Gallo, 2021; Factsheet - *Camellia sinensis*, Tea Plant, 2011).



Figura 4.1 *Camellia sinensis*. (Gallo, 2021)

4.2 Historia y diversificación de *Camellia sinensis*

Existen muchas variedades de *Camellia sinensis*, siendo las formas predominantes la *Camellia sinensis var sinensis* y *Camellia sinensis var assamica*. Se ha reportado que la variedad *assamica* tiene un contenido de antioxidantes 50% mayor que la variedad *sinensis*; sin embargo, ya que los antioxidantes confieren un sabor astringente a las bebidas que los poseen y *Camellia sinensis var assamica* tiene un contenido antioxidante tan elevado, esto la hace menos popular para su consumo en infusión (Ahmed y Steep, 2013; Prat Kricun, 2011).

Camellia sinensis tiene sus orígenes en el continente asiático, desde dónde comenzó a ser distribuida vía marítima por mercaderes europeos. Con el tiempo, el té se volvió una bebida muy popular en Europa, específicamente dentro del Imperio británico, siendo así como China se convirtió en el mayor proveedor de té para Europa (Ahmed y Steep, 2013).

Posteriormente, como describen Ahmed et al. (2013), durante la guerra del opio los británicos perdieron a su proveedor más grande de té y se vieron obligados a implementar la plantación en una de sus colonias, la India. Esta se llevó a cabo en las zonas boscosas de Assam, dando lugar así a la variedad *assamica*.

Camellia sinensis se puede consumir en distintas presentaciones, todas provenientes de la misma planta originaria. El té verde es la forma menos procesada de consumirla, ya que no ha pasado por ningún proceso tecnológico a excepción del secado de las hojas. Existen otros tipos de té obtenidos de la misma planta, los té oolong y pachong son sometidos a una fermentación parcial, mientras que los té negro y rojo pasan por una fermentación total; el té blanco sufre solo una ligera oxidación. La falta de proceso de fermentación en el té verde

permite aprovechar mejor sus compuestos bioactivos, los cuales brindan una gran variedad de beneficios a la salud (Naldi et al., 2014).

Después de muchos años de cultivo e innovación tecnológica en los procesos involucrados en la preparación del té, éste se ha diversificado en múltiples variedades (**Tabla 4.1**).

Tabla 4.1 Tipos de té verde (Ahmed et al., 2013).

Tipo de té verde	Características de producción
Biluochun	Té verde chino cultivado junto a árboles de ciruela, durazno y albaricoque. Tiene un aroma y sabor formal y es enrollado en pequeños bastones.
Genmaicha	Té verde japonés Sencha, tostado con arroz integral, lo cual le proporciona a la infusión un sabor y color característicos.
Gunpowder	Té verde chino de la provincia de Zheijian, moldeado en forma de bolas pequeñas para mantener mejor sus propiedades.
Gyokuro	Té japonés de alta calidad, cultivado usualmente en la provincia de Yubukita. Este se encuentra en la sombra por 14-20 días antes de la cosecha. Tiene una hoja plana y puntiaguda con un aroma dulce que da lugar a una infusión pálida
Hou Kui	Té verde chino de la provincia de Fuijan cultivado junto a orquídeas.
Xin Yang Mao Jian	Té verde chino cultivado a gran altitud, principalmente en la provincia de Henana. Tiene hojas pequeñas con vellosidades.
Matcha	Té verde japonés molido finamente, producido en la región de Uji y cultivado en la sombra.

4.3 Generalidades de *Camellia sinensis*

Como describen Vivek Voora et al. (2019), diariamente se consumen aproximadamente 3 billones de tazas de té verde en el mundo. En 2017, se describió que los principales países exportadores de té fueron China, Sir Lanka y Kenia; mientras que los importadores

principales fueron Pakistán, Rusia y los Estados Unidos de America. De acuerdo con la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) el sector de producción de té puede esperar un crecimiento de 4-5.5% entre 2017 y 2024.

Un estudio realizado por Vieux (2019) analizó la frecuencia de consumo de té verde en una población dividida por edades y razas; este estudio concluyó que el consumo de té fue mayor en el grupo de adultos mayores (51-70 años), asiáticos no hispanicos, personas blancas y gente con una mayor educación e ingresos. Asimismo, se observó una relación entre los adultos que consumían té verde con el seguimiento de una dieta rica en nutrientes como potasio, proteína, magnesio y hierro, y baja en alcohol y azúcares refinados (esta relación no se observó en sujetos jóvenes que consumían té). Finalmente, los consumidores de té tenían lipoproteínas de alta densidad (HDL) elevadas, así como menos colesterol y un menor índice de masa corporal (IMC) (Vivek Voora et al., 2019).

Finalmente, el estudio realizado por Ruan et al., 2013 presenta la relación entre el consumo de té verde y la longevidad de ciudadanos chinos mayores. Una vez ajustadas las variantes demográficas, socioeconómicas, prácticas saludables y estado de salud, se observó un descenso en el riesgo de mortalidad del 3% en individuos que tomaban té ocasionalmente y de hasta un 10% en individuos que lo bebían frecuentemente; esto comparando con los individuos que no consumían té.

4.4 Compuestos antioxidantes de *Camellia sinensis*

Existen múltiples plantas del reino vegetal que presentan moléculas con propiedades antioxidantes llamados compuestos fenólicos, que han sido objeto de estudio por sus múltiples beneficios para la salud. Los compuestos fenólicos son un grupo de más de 8,000

diferentes compuestos, siendo estos donantes de hidrógenos o agentes quelantes de metales. Sus beneficios incluyen el descenso de riesgo de enfermedades neurodegenerativas y episodios cardiovasculares, cuentan con propiedades anticancerígenas y antialérgicas, y ayudan a la reducción de radicales libres, daño estructural y metabólico (Shalaby, 2019).

De acuerdo con la clasificación propuesta por Sajid Maqsood et al. (2013), los compuestos fenólicos se pueden dividir en cuatro grandes categorías: flavonoides, ácidos fenólicos, lignanos y ácidos hidroxicinámicos. Los flavonoides son el grupo más amplio, el cual es a su vez dividido en subgrupos dependiendo del grado de oxidación del anillo heterocíclico que los conforma (**Figura 4.2**).

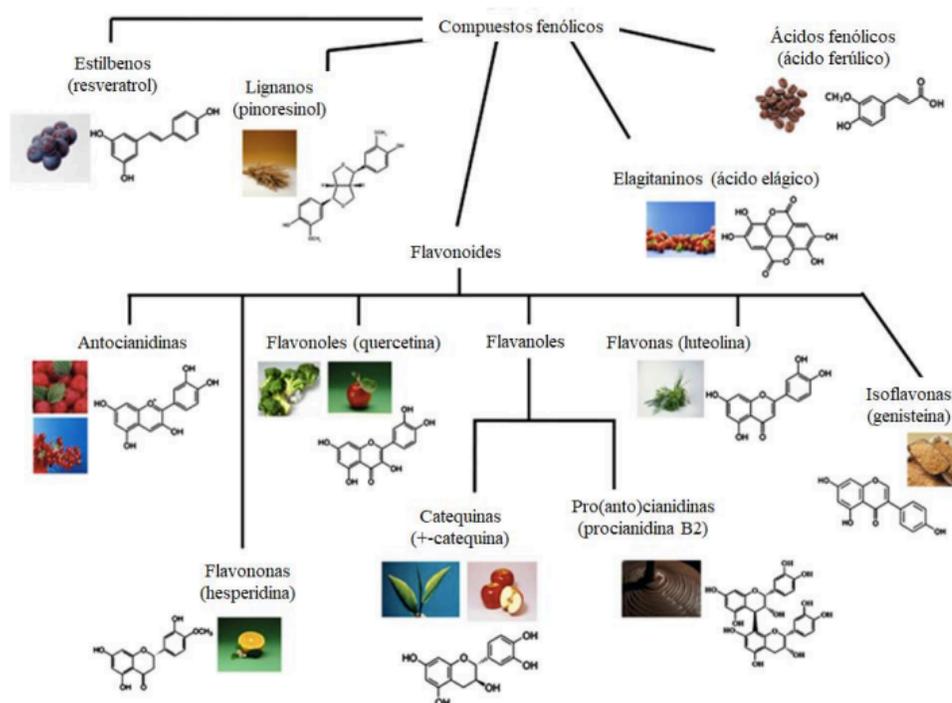


Figura 4.2. Clasificación de compuestos fenólicos adaptada (Singh et al., 2011).

4.4.1 Antocianinas

Las antocianinas son compuestos antioxidantes que dan a ciertas plantas una pigmentación característica. Así mismo, les aportan una protección contra estrés oxidativo vital para mantener su balance metabólico. Pueden llegar a encontrarse en *Camellia sinensis*, especialmente en variedades provenientes de Kenia, aunque no es uno de los compuestos estrictamente de esta planta (**Figura 4.3**) (**Figura 4.4**) (Lorenzo & Munekata, 2016).

Las antocianinas tienen estructuras químicas muy variadas, con el catión 2-fenilbenzopirilo como estructura básica, también denominado flavilio; cuya estructura llega a cambiar dependiendo del ambiente en el que se encuentra, sustituyendo de distintas maneras el anillo B y dando así distintas propiedades a las antocianinas. En la naturaleza, existen hasta 600 distintos tipos de antocianinas, la mayoría en forma heteroglucosídica. Las 6 antocianinas más comunes son cianidina, peonidina, petunidina, pelargonidina, delphinidina y malvidina (Kerio, 2014).



Figura 4.3. *Camellia sinensis* con bajo contenido de antocianinas roja (Lorenzo & Munekata, 2016).



Figura 4.4. . *Camellia sinensis* originaria de África, conocida por su alto nivel de antocianinas, los cuales le dan la pigmentación roja (Lorenzo & Muneakata, 2016).

Los beneficios de las antocianinas pueden ser parecidos a los de las catequinas, incluyendo su efecto antioxidante, antiinflamatorio, antimicrobiano, anti-ateroesclerótico y anticancerígeno, lo anterior por medio de la regulación del ciclo celular y apoptosis. Además, presentan actividad citoprotectora contra el estrés oxidativo similar al de las catequinas. Sin embargo, su presencia en el té verde no ha sido estudiada a profundidad (Kerio, 2014).

4.4.2 Otros compuestos de *Camellia Sinensis*.

En la planta del té verde e pueden encontrar ácidos orgánicos como el ácido gálico y ácido quínico en las hojas de té. Estos compuestos pueden sufrir oxidaciones durante el proceso tecnológico de tipos de té como el negro u oolong. Sin embargo, el té verde conserva estos componentes en cantidades moderadas (Graham, 1992).

La teanina es el aminoácido más abundante en las hojas de *Camellia sinensis*. Este aminoácido, derivado de la glutamina N-metilada, aporta propiedades al té verde como la de ayudar a modular las funciones cerebrales por medio de neurotransmisores y ondas cerebrales relacionadas con la relajación, reducción del estrés, aumento en la concentración, memoria y

calidad de sueño, así como un efecto neuroprotector. La teanina también puede ser un indicador de calidad del té (Graham, 1992; Udry, 2012).

Los niveles de carotenoides encontrados en el té verde son muy pequeñas cantidades. Sin embargo, son compuestos importantes como precursores de compuestos aromáticos (Graham, 1992). El té verde es conocido por sus propiedades estimulantes derivadas de un complejo de metilxantinas. El contenido de cafeína (2.5-4.5%), teobromina y teofilina dependerá de la variedad de té, así como del proceso al que este haya sido sometido; siendo el té negro el que contiene mayor cantidad de metilxantinas (Graham, 1992).

A pesar de que las hojas de *Camellia sinensis* contienen una gran variedad de compuestos minerales como calcio, magnesio, fósforo, sodio, cobre, hierro, manganeso o zinc, éstos no suelen ser significativos en la ingesta recomendada en una sola dosis. La composición mineral del té verde varía mucho dependiendo, principalmente, del lugar de cultivo (Graham, 1992; Klepacka et al., 2021).

El contenido de ion magnesio del té es relevante para la actividad antioxidante ya que este elemento interactúa con compuestos fenólicos como la quercetina, aumentando su capacidad antioxidante. El té tiene, además, cantidades apreciables de manganeso, el cual es un cofactor de gran importancia para el sitio catalítico de las enzimas responsables del metabolismo proteico, lipídico, proceso reproductivo, de crecimiento, regulación de glucosa en sangre, etc. (Klepacka et al., 2021).

Finalmente, los compuestos volátiles son responsables de características sensoriales importantes a los alimentos, como el aroma. El perfil aromático del té verde depende de la variedad de éste, aunque hay compuestos que son de carácter más general. Los compuestos

volátiles más significativos del té verde son el benzaldehído, alcohol bencílico, ciclohexanonas, dihidroactinodiolida, geraniol, linalol, nerolidol, feniletanol y teasporina (Graham, 1992).

4.4.3 Catequinas; Estructura química y estabilidad

Quiñones et al. (2012) estudiaron la composición de compuestos fenólicos del té verde, describiendo que contiene una gran variedad de compuestos antioxidantes flavonoides de la subfamilia de los flavan3-oles; en esta subfamilia se encuentran las catequinas. Éstos compuestos pueden variar en un amplio intervalo de estructuras y peso molecular. Las catequinas se encuentran en una gran variedad de alimentos vegetales o procesados, como el vino y el chocolate, siendo que en trabajos anteriores de cuantificación e identificación de compuestos fenólicos en té verde se han descrito un total de 9 (nueve) catequinas mayoritarias. La epigalocatequina galato (EGCG) es la más abundante, representando un 50% de las catequinas extraídas y la que parece generar mayores beneficios para la salud humana; las otras catequinas, presentes en distintas concentraciones, son la catequina (C), galocatequina (GC), epigalocatequina (EGC), catequina galato (CG), epicatequina (EC), galatocatequina-galato (GCG) y epicatequina galato (ECG).

Todos los compuestos anteriormente descritos constan de una base de catequina en la que pueden existir distintos grupos funcionales, conformaciones isoméricas o cambios esteroisoméricos (**Figura 4.5**) (Naldi et al. 2014).

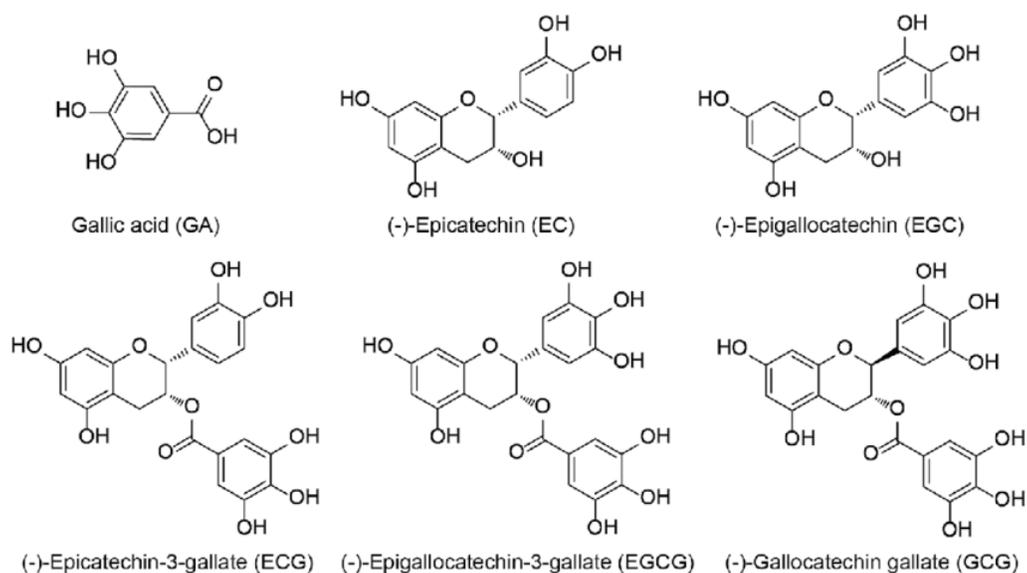


Figura 4.5 Estructura química de las catequinas. (Xu et al., 2019).

Los compuestos fenólicos suelen ser moléculas poco estables y ser susceptibles a condiciones externas como altas temperaturas, cambios de pH, oxidación, foto-oxidación, entre otras. Las catequinas no son la excepción, ya que se han publicado múltiples trabajos acerca de los cambios y degradación que sufren. Las catequinas pueden ser degradadas y formar dos compuestos de degradación, ácido floroglucinolcarboxílico y ácido protocatequico (**Figura 4.6**). Asimismo, las altas temperaturas pueden cambiar la conformación de las catequinas, de su conformación *cis* a *trans*; por ejemplo, la epigallocatequina a galocatequina (Quan Vuong et al., 2011).

Otro factor a tener en cuenta es que los medios alcalinos pueden degradar las estructuras de los compuestos. Por el contrario, los pH bajos de medios ácidos pueden controlar este proceso (Quan Vuong et al., 2011).

Finalmente, Quan Vuong et al. (2011) mencionan que otro factor a tener en cuenta es que las catequinas pueden llegar a unirse a proteínas, formando complejos proteicos, los cuales se precipitan. Esta unión puede verse disminuida o estimulada por el pH del medio.

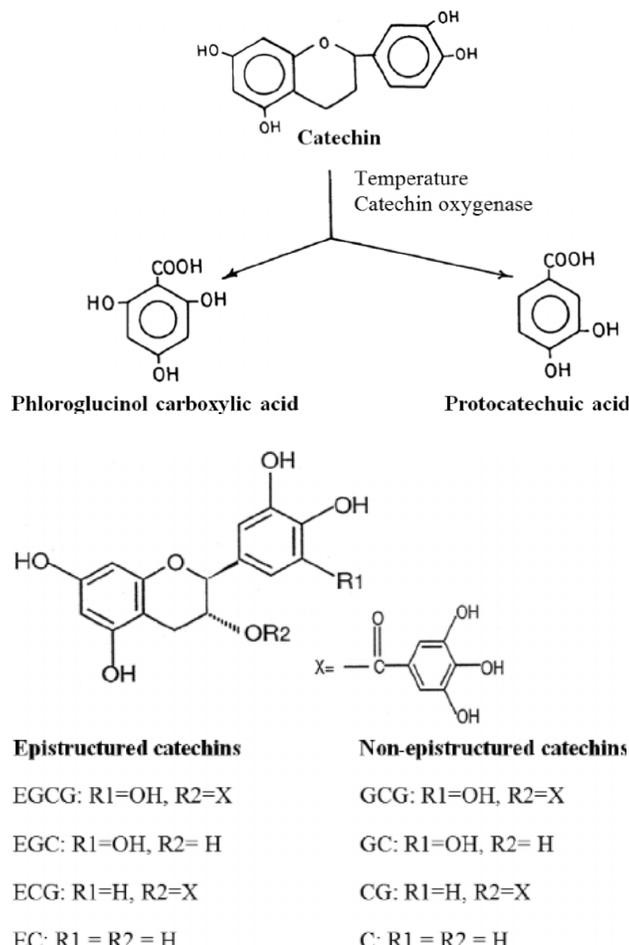


Figura 4.6. Degradación de catequinas (Quan Vuong et al., 2011).

4.5 Diferencias en el perfil de las catequinas según la preparación tecnológica de té

Tras ser cosechadas, las hojas de *Camellia sinensis* requieren cierto procesamiento antes de alcanzar el punto del producto final. El té suele clasificarse según el periodo de oxidación/fermentación al cual fue sometido. Para mantener la frescura de las hojas de té verde, éstas son secadas y arrolladas. Sin embargo, no pasan por ningún proceso de

oxidación, lo cual permite conservar su color y su composición de antioxidantes. Las enzimas endógenas son inhibidas para evitar cualquier tipo de oxidación natural (Ahmed et al., 2013).

Por otro lado, el té negro es sometido a un proceso de 6 pasos (recolección, macerado, fermentación, oxidación, secado y empacado) para obtener sus características. Éste es el más consumido en todo el mundo y representa un 76-78% de la producción mundial de té (Ahmed et al., 2013).

Finalmente, el té oolong es una presentación de la *Camellia sinensis* que pasa por pasos parecidos al té verde. Sin embargo, éste se oxida bajo el sol antes de ser enrollado. Esto lo hace un té semioxidado con una composición química compleja, así como lo son sus beneficios para la salud (Ahmed et al., 2013).

Se han realizado varios estudios para comparar la cantidad de catequinas encontradas en distintos tipos de preparaciones de té verde, así como la composición fenólica de éstas. Un estudio realizado por Macedo (2012) evalúa y compara con la técnica de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) los contenidos de catequinas y cafeína entre extractos de té verde, té embolsado y su presentación lista para beberse. Los resultados demuestran cambios en la composición de la concentración de catequinas. Las catequinas en el té de bolsa fueron EC, EGC, ECG, C de mayor a menores respectivamente; en el extracto de té las proporciones cambiaron a EGCG, ECG, EC, C de mayor a menor. Finalmente, en el té listo para beber la catequina hallada en mayor proporción fue EC, seguida de ECG y C. Se describió que el té de bolsa tiene una mayor cantidad de catequinas, de hasta un 40%, con variaciones según la marca analizada.

4.6 Beneficios de *Camellia sinensis* sobre la salud

Según una leyenda china, los beneficios del té verde se conocen de forma empírica desde hace más de 2,700 a.C., cuando el emperador de china Shen Nung descubrió *Camellia sinensis* y su preparación como bebida al hervir las hojas de ésta. Esta preparación es la que se conoce hoy en día como té. Siglos más tarde, los exploradores europeos exportaron esta valiosa planta para su consumo en Europa como remedio holístico para dolores de cabeza, estómago o articulares. (Medina Olivia. 2016)

Actualmente, gracias a una amplia colección de investigaciones, se reconoce al té verde no solo como un remedio casero sino como un recurso respaldado por la ciencia y portador de compuestos activos los cuales, siguiendo un mecanismo de acción fisiológico, dotan de excelente salud a aquel que lo consume regularmente. (Valenzuela B., 2004)

4.6.1 Actividad cardioprotectora de *Camellia sinensis*

Un estudio de cohorte realizado en Japón y publicado por Kuriyama et al. (2006) muestra una relación inversa entre la mortalidad, por cualquier causa, y la cantidad del té verde consumido. También demuestra una relación inversa entre su consumo y la mortalidad debido a enfermedad cardiovascular (principalmente por embolias). Cabe mencionar que ambas relaciones fueron más pronunciadas en mujeres que en hombres.

El incremento en la salud cardiovascular, por medio del consumo de té verde, se da a través de una reducción de colesterol en sangre, función protectora del cardiomiocito, mejor función de endotelio, mitigación de episodios de isquemia y menor inflamación. (Cao et al., 2019)

El efecto protector del té verde se le atribuye por la inhibición del factor de transcripción NF-kB, el cual es parte de la producción de citoquinas inflamatorias y adhesión molecular. Al interferir con el factor de crecimiento de epitelio vascular y proliferación celular que éste representa, se presenta una supresión de agregación plaquetaria que podría llevar a disminuir la prevalencia de trombos en el sistema circulatorio (Bhardwaj y Khanna 2013).

4.6.2 Actividad antioxidante de *Camellia sinensis*

Las especies reactivas de oxígeno son compuestos generados al finalizar la cadena de transporte de electrones durante la respiración celular. Al contrario de la creencia popular, éstos son beneficiosos en pequeñas cantidades puesto que ayudan a mantener un equilibrio dentro de la célula, activando y desactivando señalización intracelular cuando es debido. Por lo general, el cuerpo tiene un sistema de regulación con antioxidantes fisiológicos, los cuales se encargan de regular ese balance redox. El problema se encuentra cuando las cantidades de estos compuestos oxidantes son demasiado elevadas y comienzan a dañar estructuras celulares como membranas, proteínas y material genético, enviando mensajes no deseados a la célula. (Sánchez-Valle V, Méndez-Sánchez N.)

En estudios realizados con modelos biológicos no humanos se han encontrado distintos mecanismos de la actividad antioxidante de las catequinas. Por ejemplo, la disminución de la oxidación proteica en tejidos epiteliales en ratones expuestos a radiación UV, aumento de la expresión de enzimas antioxidantes como súper óxido dismutasa (SOD), glutatión reductasa (GSH) y peroxidasa en ratas sometidas a estrés oxidativo y, finalmente, la extensión de vida en el organismo modelo de investigación biológica molecular

Caenorhabditis elegans expuesto a agentes citotóxicos como paraquat. (Kim, & Rhee 2004, Vayalil et al., 2004, Vayalil et al., 2004)

La extensión de vida de *C. elegans* se da gracias a la ruta metabólica AMPK, la cual por medio de una cascada de señalización permite la translocación de DAF-16 al núcleo. DAF-16 es responsable de estimular la síntesis de mecanismos antioxidantes fisiológicos. Esta ruta metabólica es relevante debido a que, como muchas otras rutas metabólicas de *C. elegans*, existe una ruta análoga en el ser humano. (Figura 4.7). (Vayalil et al., 2004).

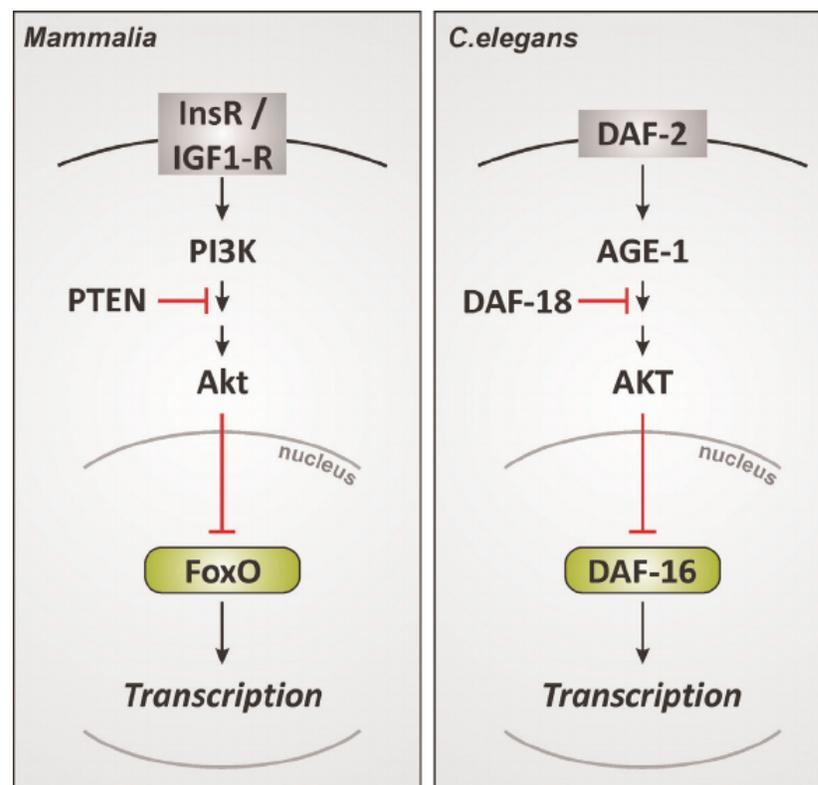


Figura 4.7 Ruta metabólica FOXO y sus análogos en mamíferos (Klotz et al., 2015)..

Adicionalmente, dentro de los estudios llevados a cabo en humanos se han encontrado múltiples pruebas de la eficacia dosis dependientes en adultos fumadores (constantemente expuestos a mayor estrés oxidativo por causa del cigarro). En un estudio realizado por

Bettuzzi et al. (2006) se encontró una disminución del 31% de 8-hidroxidesoxyguanosina (un producto de la oxidación de ADN) en la orina de pacientes que consumían ECGC.

Asimismo, la medición de genes reguladores de antioxidantes CAT, GPX1, MT-I, MT-II, SOD-I, SOD-II, y SOD-II e inflamación (Cox 1 y Cox 2) en ratones se vieron aumentados tras la administración de nicotina, sin embargo, tras administrar té verde los niveles de estos se vieron reducidos significativamente. La administración de té verde en un grupo de ratones sin nicotina no mostró cambios significativos en la expresión de genes, insinuando que los grupos vulnerables a estrés oxidativo son los que más beneficios podrían obtener de un consumo regular de té verde. (Al-Awaida et al., 2019)

En otro estudio realizado por Leenen et al. (2000), en 21 voluntarios sanos, se demostró que el consumo de una sola dosis de té verde (equivalente a 3 tazas) aumenta los niveles de antioxidantes en plasma. Esto se debe a la alta concentración de catequinas en el té. El uso de 10-15% de leche, como se acostumbra en algunos países, no afectó la elevación en plasma de antioxidantes. Sin embargo, cabe mencionar que existen estudios como el realizado por Seraffini et al. (1996) que describen un descenso en la actividad antioxidante tras adicionar 26% de leche en la bebida, esto se atribuye a la capacidad de las proteínas de la leche de unirse con los compuestos fenólicos del té, reduciendo su absorción en el tracto intestinal.

4.6.3 Actividad anticancerígena de *Camellia sinensis*

El cáncer hace referencia a una condición en la cual una o varias mutaciones génicas dan lugar a un comportamiento celular alterado. Las células cancerígenas presentan un crecimiento descontrolado, resistencia a apoptosis, angiogénesis elevada, entre otras características.

Actualmente, el cáncer representa la segunda causa más frecuente de mortalidad (FastStats – Leading Causes of Death, 2021).

La actividad anticancerígena de las catequinas ha sido ampliamente estudiada. Algunos de los mecanismos propuestos son: aumento de apoptosis por medio de la activación de caspasas-9, inhibición de la proliferación de células cancerígenas, inhibición de mutagénesis, menor angiogénesis por medio de una reducción de expresión del factor de crecimiento del endotelio vascular, inhibición de rutas metabólicas como NF-kb, AP-1 y tirosina-kinasa, menor expresión de TNF-alfa, COX-1, MMP2, mejor inmunovigilancia y mejor sensibilidad a tratamientos anticancerígenos. Todos estos factores trabajan juntamente con los otros beneficios reportados del té verde para, sinérgicamente, disminuir el riesgo de padecer enfermedades neoplásicas (Kamal Khaleel et al., 2020).

4.6.4 Actividad antihipertensiva de *Camellia sinensis*

Peng et al. (2014) estudiaron la efectividad del consumo de té verde para prevenir o reducir el riesgo de presión arterial alta, demostrando una reducción en la presión vascular sistólica y diastólica en los grupos con una dosis baja de té verde a largo plazo. Este mismo estudio sostiene la teoría de que los grupos con altas dosis no reflejan un beneficio debido a la alta cantidad de cafeína consumida.

Los mecanismos propuestos por diversos autores para esta reducción de presión arterial se han atribuido a la inhibición de NF-kB, el cual está altamente relacionado con la aterosclerosis, la dotación de protección al endotelio vascular, entre otros. Otro estudio también propone la regulación del anión superóxido, dando lugar a una mayor biodisponibilidad de óxido nítrico, responsable de la distensión de músculo liso vascular.

También se le atribuye la inhibición de la fosforilación de cadena ligera de miosina, la cual contribuye a un menor aumento de presión arterial, por la inhibición de la Rho-kinasa, permitiendo así la desfosforilación de la cadena ligera de miosina. Esto es mediado por el ya mencionado anteriormente, aumento de disponibilidad de oxidó nítrico (Bhardwaj y Khanna, 2013; Renna y Miatello, 2013; Negishi et al., 2004).

4.6.5 Actividad antiinflamatoria de *Camellia sinensis*

La población actual está constantemente expuesta a agentes corrosivos y peligrosos, como la alimentación ultra-procesada o la contaminación con metales pesados, esto ha llevado a la población a experimentar una inflamación crónica de bajo grado (ICBG). Esta condición difícil de reconocer se ha relacionado con un mayor riesgo de sufrir enfermedades como la obesidad, diabetes mellitus tipo 2 e hipertensión. Es por esto que la actividad antiinflamatoria de las catequinas es tan relevante en el panorama actual (Cheng et al., 2019; Monteiro & Azevedo, 2010).

Varilek, G et al. (2001) estudiaron la respuesta de linfocitos T1 alterados por la mutación IL C57BL/6, afectando la activación de los T1 y creando un fenotipo propenso a inflamación intestinal crónica como la colitis ulcerosa. En el grupo que consumió GTP se redujeron los marcadores de inflamación en la mucosa del tracto digestivo, como el TNFalfa e IFN-y.

Asimismo, la actividad antioxidante del té verde, revisada anteriormente, tiene un efecto directo en la inflamación crónica de bajo grado. Esto se debe a que los radicales libres son mensajeros que activan las mismas rutas metabólicas responsables de este tipo de inflamación; rutas que crean más radicales libres entrando así en un mecanismo cíclico de

daño celular. Los antioxidantes rompen este ciclo de estrés-inflamación-daño celular al neutralizar los radicales libres mensajeros de estrés (Tania et al., 2022).

4.6.6 Actividad antiobesogénica de *Camellia sinensis*

Una revisión publicada por Vázquez-Cisneros et al. (2017) analizó 15 estudios de la tendencia a pérdida de peso y masa grasa en humanos. Tras la revisión sistemática, se concluyó que, a pesar de la amplia diversidad en los artículos elegidos, una intervención de 12 semanas con cantidades de entre 100 y 460 mg/día de EGCG fue la más efectiva, demostrando así una relación entre el consumo de té verde y la pérdida de peso. También se menciona actividad sinérgica con el consumo de cafeína y un descenso de los beneficios reportados en pacientes con tolerancia a la cafeína.

Moon et al. (2007) revisaron los mecanismos propuestos para la actividad favorecedora del té verde en la pérdida de peso, por ejemplo, la inhibición de la enzima catecol-*O*-metiltransferasa (COMT), resultando en una estimulación del sistema nervioso simpático y estimulando, la oxidación de ácidos grasos por alto gasto energético. Este efecto parece variar entre poblaciones, siendo la genética un factor condicionante.

Otros de los mecanismos propuestos para el efecto que se tiene en tejido adiposo es la disminución de diferenciación en células preadipocitarias, gracias a la reducción en la expresión de rutas metabólicas al interactuar con factores como ERK, MAPK y CDK2. Asimismo, se ha propuesto una reducción de diferenciación de adipocitos por el incremento en AMPK (Moon et al., 2007). Así mismo, describen la relación de algunas catequinas del té verde como EGCG y ECG con la inhibición de enzimas lipogénicas como la enzima acetil CoA carboxilasa, ácido graso sintasa, glucosa 6 fosfato deshidrogenasa, estéril coA

desaturasa 1, etc. Por ejemplo, la disminución de ácido graso sintasa se relaciona con la capacidad de las catequinas de suprimir la transcripción del mRNA del enzima ácido graso sintasa, al mismo tiempo inhibiendo directamente la actividad de la misma enzima hasta en un 52% en 24 h, por medio de uniones rápidas reversibles y lentas irreversibles.

Finalmente, en el estudio anteriormente descrito, también se ha referido un descenso en los genes que favorecen la adipogénesis como el PPAR2 y C/EBP en ratones a los cuales se les administraba ECGC por vía intravenosa. Esto se tradujo en una pérdida de peso corporal de hasta un 10% en contraste con la del grupo de control, en los cuales aumentó de un 25 a 34% su peso corporal (**Figura 4.8**).

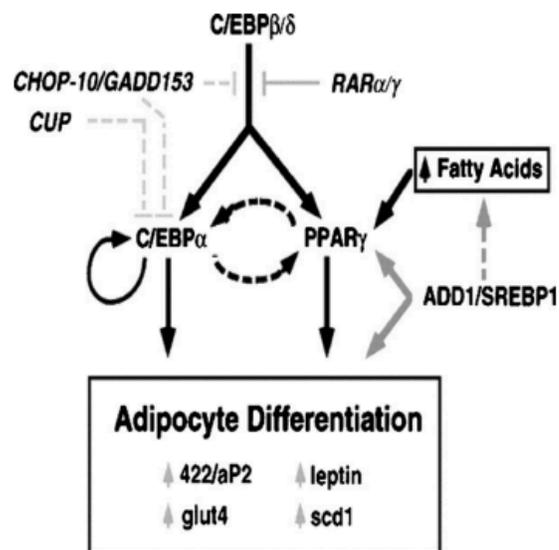


Figura 4.8. Rutas de la diferenciación de adipocitos (Moon et al., 2007).

A pesar de que al té verde se le atribuye la capacidad de fomentar la pérdida de peso, muchos de los estudios realizados hasta el momento se limitan a describir la actividad *in vitro* o en modelos biológicos no humanos. Las intervenciones en humanos cuentan con demasiadas variables que no se pueden controlar y no terminan de arrojar una respuesta

concreta a si el efecto protector contra la obesidad es significativo o incluso constante, o si las responsables son las catequinas del té o la cafeína que contiene. Se puede concluir que las intervenciones más eficaces son de mínimo 12 semanas, pero hacen falta más estudios al respecto (Duygu et al., 2017).

4.7 Catequinas, dosis recomendadas y riesgo de toxicidad

A pesar de que las catequinas tienen múltiples beneficios a la salud, se han llegado a notar efectos adversos a su consumo elevado. Esto se debió a la suplementación de catequinas (especialmente EGCG) en altas dosis, los suplementos comerciales pueden tener de 5 a 1000 mg de EGCG; más de 800 mg/día se ha relacionado con daño hepático. Sin embargo, la ingesta alta de infusiones de té verde no se relaciona con este daño; solo su consumo en suplementos no regulados (Afepadi, 2018) (Younes et al., 2018)

Las tazas de té tradicionales tienen aproximadamente 185 mg, contenido que puede variar dependiendo de las condiciones del almacenamiento, preparación y temperatura del té. (Lambert et al., 2005).

4.8 Elaboración de pan

El pan es un alimento universal, desde el comienzo de los tiempos ha sido parte de la alimentación humana. La domesticación del trigo salvaje por el hombre tuvo lugar en Siria y Etiopía, para seguir siendo cultivado por el hombre, creando así una selección del mejor trigo, dando lugar a la planta con las características que se conocen hoy (Belderok, 2000).

En Sumeria (Mesopotamia), se comenzó la producción de pan 6000 a.C., utilizando masa madre, la cual es responsable de la fermentación, producción de CO₂, reacciones químicas y metabolitos del pan. Esto marcó el inicio de un viaje de miles de años en los que

las técnicas de elaboración de pan han cambiado, alterándose y evolucionando para dar lugar a el concepto actual de pan (Belderok, 2000).

4.8.1 Microorganismos y elaboración de pan

Los componentes básicos del pan son harina (tradicionalmente de trigo), agua y un agente leudante para aportar volumen y textura al producto final. Este último componente puede ser uno de los más importantes ya que sin él, el resultado no sería considerado pan. Esta tarea de fermentar y producir CO₂ durante el proceso de horneado es realizada por una serie de organismos como levaduras e inclusive bacterias, las cuales al alimentarse de los azúcares disponibles en la harina producen CO₂ y otros metabolitos secundarios como etanol o ácido acético para enriquecer el sabor del pan. (Arora et al., 2021)

Dentro de estos microorganismos cabe mencionar al fermentador de alimentos por excelencia, *Saccharomyces cerevisiae*, que es una levadura de alto rango de reproducción, la cual se encuentra en el medio ambiente de forma natural y es utilizada en la fermentación, no solo de pan sino de productos como vino y cerveza (Arendt et al., 2007).

4.8.2 Pan de masa madre

La masa madre es una de las maneras más antiguas de elaborar pan; consiste en una mezcla de harina y agua que sirve como medio de cultivo para levaduras, las cuales se encuentran naturalmente en el ambiente. Con las circunstancias ambientales adecuadas y cuidados, esta masa fermentada logrará cultivar distintas cepas de levaduras y bacterias. (Arora et al., 2021)

Las levaduras que crecen en la masa madre sirven para fermentar los azúcares del pan y producir CO₂, el cual le aportará al producto textura y volumen. Adicionalmente, durante el proceso de fermentación de la masa madre se producen metabolitos secundarios, que

confieren características especiales al pan, como un pH más bajo, menor cantidad de fitatos, ácidos orgánicos, exo-polisacáridos y enzimas (Josep y Bachhawat, 2014).

4.8.3 Productos panarios enriquecidos con compuestos fenólicos

El pan es uno de los alimentos básicos de la alimentación humana tanto por su fácil producción como por su accesible costo. Esto ha hecho que tecnólogos de alimentos muestren interés en fortificar productos panarios para mejorar sus cualidades o atribuirle propiedades nuevas. (Dziki et al., 2014)

La adición de compuestos fenólicos provenientes de plantas ha demostrado tener varias interacciones con la matriz del alimento; como por ejemplo la interacción con dos componentes de gran importancia en el pan, el gluten y el almidón. Los compuestos fenólicos pueden formar enlaces con las proteínas del pan, afectando la estructura terciaria y cuaternaria de estas proteínas. Asimismo, se ha visto un aumento en la reacción de retrogradación del almidón en productos fortificados con compuestos fenólicos. (Xu, J., Wang, W., & Li, Y. 2019)

Otros factores que se pueden ver afectados son el volumen, la textura, tiempo de amasado, viscosidad, etc. Es importante recordar que estas alteraciones dependerán del compuesto fenólico agregado, ya que no todos actúan de la misma manera (Xu, J., Wang, W., & Li, Y. 2019).

Por otro lado, se ha estudiado la afectación del perfil de compuestos fenólicos en panes enriquecidos. Distintas plantas y especias han sido utilizadas para la elaboración de panes, dando como resultado productos con mayor actividad antioxidante que los controles establecidos; sin embargo, en algunos casos este aumento de actividad antioxidante puede venir acompañado con una disminución de calidad sensorial del pan, posiblemente

dependiendo de la cantidad de compuesto añadido. (Dziki, D., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., & Świeca, M. 2014)

4.8.4 Alimentos enriquecidos con *Camellia sinensis*

Debido a la popularidad del té verde y su gran variedad de aplicaciones, existen múltiples estudios que evalúan distintos parámetros de alimentos panarios fortificados con esta bebida. Wang et al. (2007) evaluaron los cambios en características organolépticas en pan enriquecidas con té verde. Se describe un cambio en los parámetros de color y dulzura inversamente proporcionales a la cantidad del extracto de té verde usado. De modo opuesto, la dureza, viscosidad y astringencia aumentaron junto con la concentración de té verde. Además, no se describieron cambios significativos en la porosidad.

Asimismo, se han hecho estudios acerca de los cambios que pueden ocurrirles a las catequinas al someterse a altas temperaturas. Wang et al. (2008) describen no solo una degradación, sino una epimerización en sistemas acuosos a altas temperaturas. Estos cambios también se ven influidos por factores como el pH, oxigenación, radicales libres presentes, iones, enzimas, etc.

Dado que durante el proceso de horneado la temperatura y humedad del pan están en constante cambio es difícil predecir los cambios que pueden ocurrir a las catequinas agregadas. Sin embargo, uno de los estudios previamente mencionados demuestra que la energía de activación para estos cambios no cambia dependiendo del contenido acuoso en el cual se encuentran. La epimerización es más frecuente de EGCG a su epímero GCG, que de GCG A EGCG (especialmente en la miga del pan). Este hallazgo puede afectar la actividad

antioxidante del producto final ya que, tradicionalmente, le es atribuido a EGCG mayor importancia en mecanismos fisiológicos benéficos para la salud (Wang et al., 2004).

Finalmente, Goh et al. (2015) señalan que el pan enriquecido con té verde parece tener un índice glucémico menor que el pan tradicional, lo que implica que el azúcar tarda más tiempo en llegar a la sangre. Esto podría resultar interesante en el desarrollo de productos para personas con diabetes mellitus que desean controlar sus niveles de azúcar en sangre. A esta propuesta la apoya la observación de una relación inversa entre la cantidad de té verde (0.45, 1 y 2%) y el contenido de almidón de rápida digestión.

Ikeda et al. (2003) describen la reducción en absorción del colesterol tras la administración de EGCG y ECG, estudiando los mismos beneficios de los epímeros de estos compuestos, GCG y CG. Los resultados fueron una disminución incluso mayor de la absorción de colesterol en ratas. A pesar de que la mayoría de los beneficios a la salud son típicamente atribuidos a EGCG, estos resultados podrían indicar que la epimerización que ocurre durante la elaboración de el pan podría ser beneficiosa.

5 Metodología

5.1 Plan de investigación

Para la parte experimental de la tesis se realizaron diversas metodologías y procesos, las cuales por cuestiones de organización se dividieron en tres apartados: 1) preparación de muestras, 2) análisis y 3) cuantificación y evaluación sensorial. El diagrama del pan general se puede encontrar en la sección de anexos.

La preparación de muestras abarca el proceso de elaboración y horneado de panes, así como la adición de las distintas dosis de té verde a cada pan. Se utilizaron distintas dosis para poder comparar si la cantidad y forma de adición de té verde tenía consecuencias significativas en los resultados finales **(Figura 5.1) (Figura 5.2)(Tabla 5.1)**.

El análisis y cuantificación incluyen las metodologías realizadas en el laboratorio para cuantificar compuestos y propiedades químicas de los panes y extractos **(Figura 5.3)**. Finalmente, la evaluación sensorial se realizó a un panel de 16 participantes los cuales contestaron 3 tres cuestionarios; un cuestionario de análisis sensorial descriptivo, un cuestionario de análisis sensorial hedónico y un cuestionario de mercado al consumidor **(Figura 5.4)**.

5.1.1 Preparación de muestras

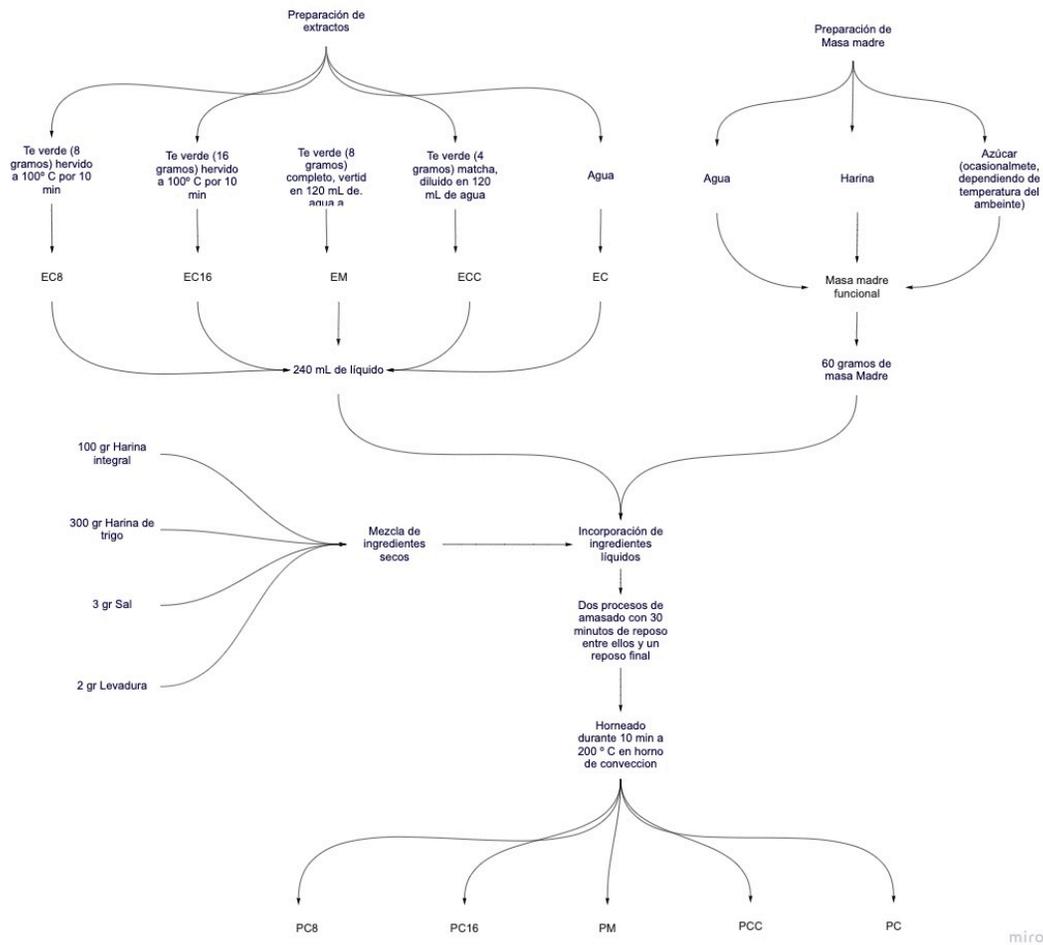


Figura 5.1 Metodología de preparación de pan enriquecido con *Camellia sinensis*

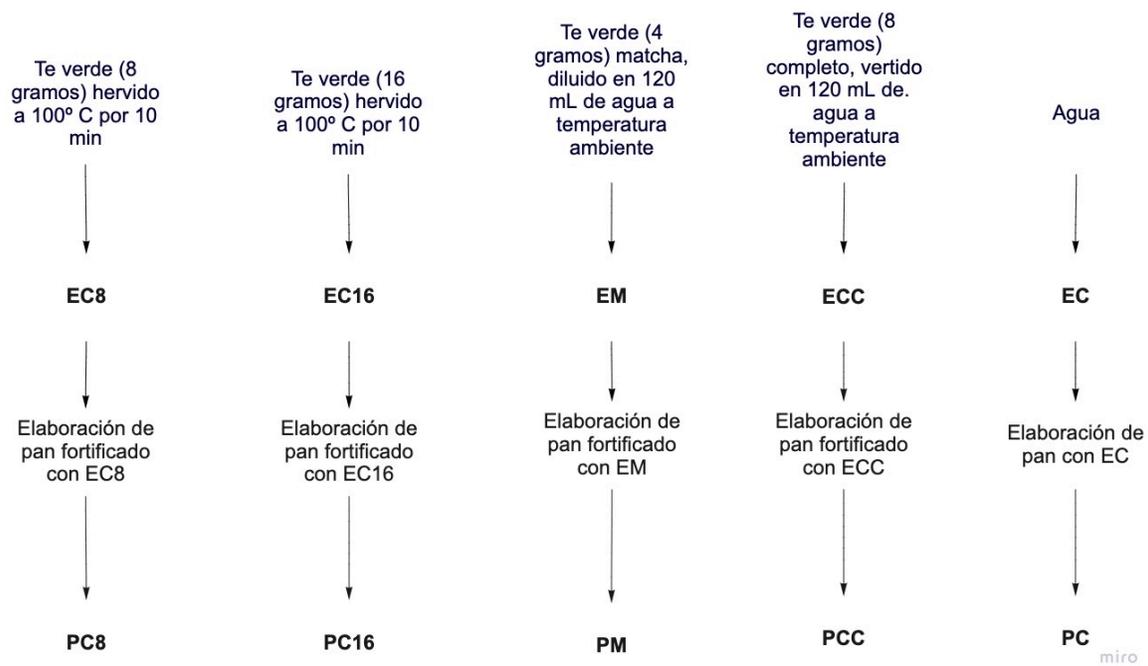


Figura 5.2. Relación de los extractos originarios con los panes enriquecidos

5.1.2 Análisis y cuantificación

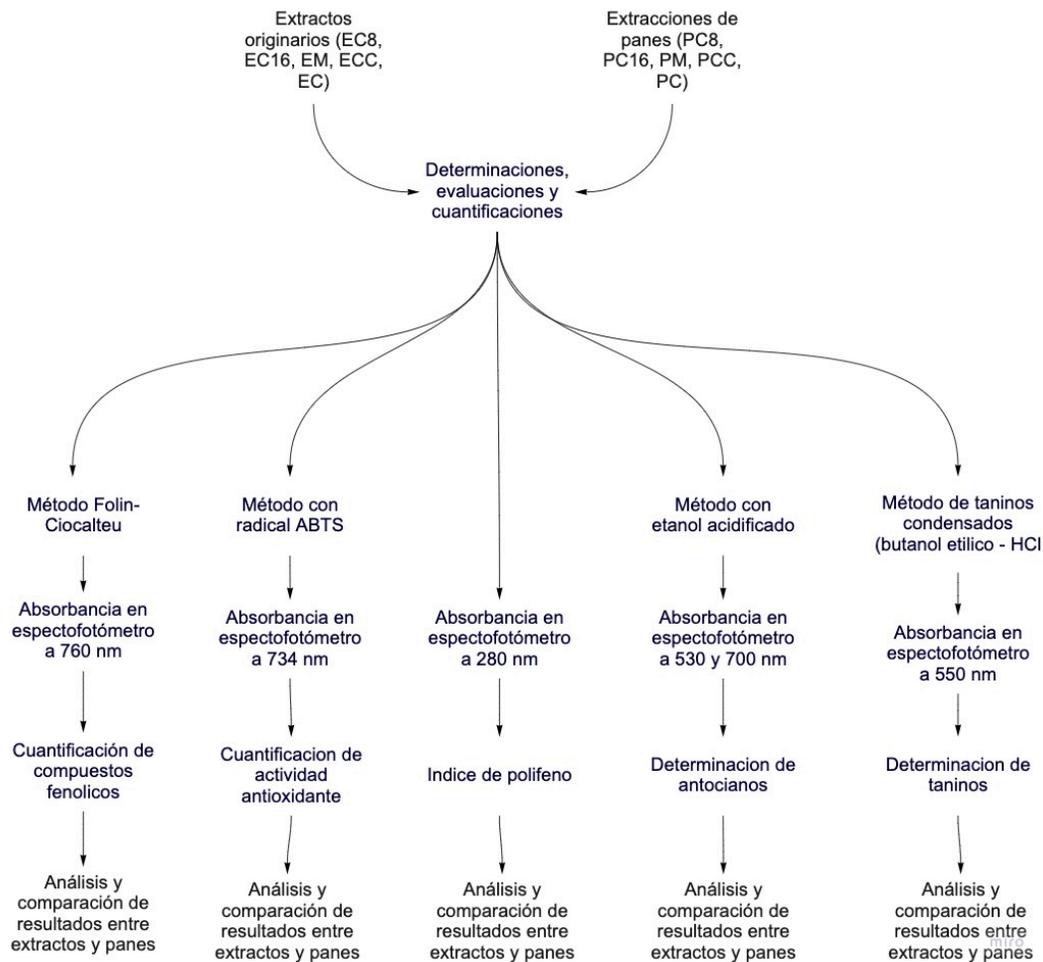


Figura 5.3. Metodología de análisis y cuantificación de compuestos

5.1.3 Evaluación sensorial

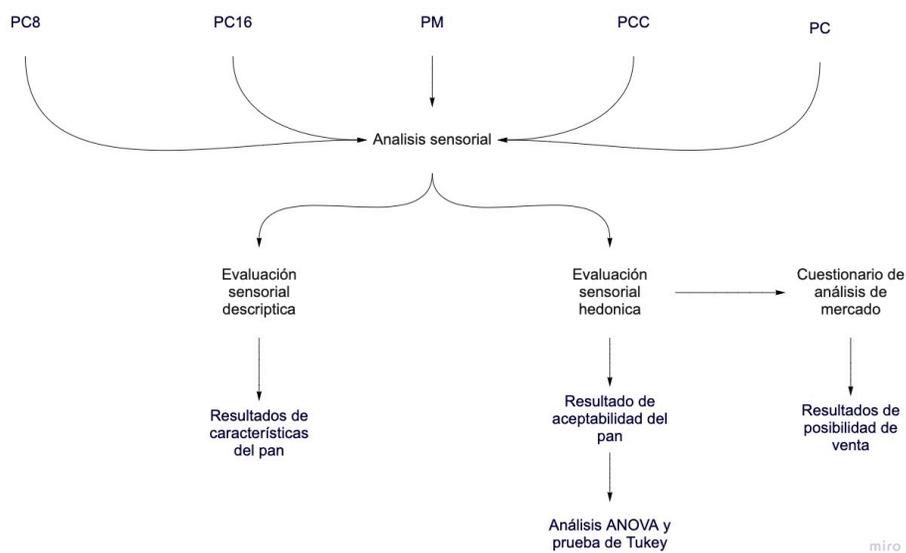


Figura 5.4. Metodología de evaluación sensorial de pan de nada madre

Tabla 5.1 Claves de extractos y panes.

Extracto acuoso (Clave)	Pan de masa madre (Clave)
Extracto con 8 gramos de <i>Camellia sinensis</i> . (EC8)	Pan elaborado con EC8 (PC8)
Extracto con 16 gramos de <i>Camellia sinensis</i> (EC16)	Pan elaborado con EC16 (PC16)
Extracto con 4 gramos de Matcha (EM)	Pan elaborado con EM (PM)
Extracto con 8 gramos de <i>Camellia sinensis</i> de hoja completa (ECC)	Pan elaborado con ECC (PCC)
Extracto control de agua (EC)	Pan elaborado con EC (ECC)

5.2 Preparación de extractos

Para los extractos de té verde se utilizó té verde orgánico (marca Twinings of London) y té matcha (marca Nature's Heart). Los extractos de *Camellia sinensis* (8 gramos (EC8) y 16 gramos (EC16) se elaboraron hirviendo 240 mL de agua y al llegar al punto de ebullición, se quitó de la parrilla para agregar dos o cuatro sobres de té verde de 4 g cada uno respectivamente; se dejó reposar por 10 min.

El extracto de 8 g de *Camellia sinensis* completa (ECC) se elaboró agregando el contenido dos sobres de té verde (4 g cada uno) a 240 mL de agua a temperatura ambiente (aproximadamente 22° C). Por último, el extracto de g de *Camellia sinensis* en matcha (EM) se elaboró con 4 g de té verde en polvo diluido en 240 mL de agua a temperatura ambiente (aproximadamente 22° C).

5.3 Elaboración de Masa Madre

La elaboración de masa madre con levaduras encontradas en el ambiente, también conocidas como levaduras salvajes, siguió una fórmula semi-empírica utilizando como ingredientes, harina integral, agua. Debido a que la masa madre consta de levaduras salvajes y esas estaban en temperatura no controladas, cuando se notó una disminución en la actividad de levaduras se añadió azúcar refinada para promover la fermentación de estas.

5.3.1 Procedimiento

En un frasco de vidrio esterilizado se agregaron 100 g de harina integral, 80 mL de agua y 5 g de azúcar. Esta primera mezcla se dejó reposar a temperatura ambiente (aproximadamente 26°C) durante 24 h. Pasado este tiempo, se agregaron diariamente 2 cucharadas de harina integral y aproximadamente $\frac{1}{4}$ de taza de agua, siempre a la misma

hora, hasta que la masa madre se consideró adecuada para ser utilizada en la elaboración de productos panificados.

5.4 Preparación de pan de masa madre

El pan de masa madre se preparó mezclando 60 g de masa madre, 2 g de levadura (Marca De Li'z), 6 g de sal, 300 g de harina refinada de trigo (marca Campo Vivo), 100 g de harina integral de trigo (marca Campo Vivo) y 240 mL de líquido. Para cada muestra se hizo un ajuste en el líquido utilizado, remplazándolo con distintos volúmenes de té verde proveniente de *Camellia sinensis*.

Para los panes preparados a partir de EC8, EC16 , ECC y EM se utilizaron 240 mL de cada extracto. Para el pan control (PC) se utilizaron 240 mL de agua.

Se realizó un proceso de amasado seguido de 30 min de reposo, posteriormente se realizó otro amasado para el desarrollo de gluten y la obtención de la textura apropiada de la masa. Finalmente, los panes se hornearon a 200° C en un horno de convección marca DigiTop Turbo, durante 15 min y se dejaron enfriar por 10 minutos.

5.5 Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se llevaron a cabo tres pruebas sensoriales con los panes elaborados 2 h antes. El panel constó de 16 personas, estudiantes de la Universidad de las Américas Puebla los cuales se presentaron voluntarios para la prueba, con edad promedio de 23.6 años, 9 hombres y 7 mujeres. Las pruebas realizadas fueron: un cuestionario de análisis sensorial afectivo de 5 puntos, las respuestas disponibles en el cuestionario fueron “me desagrada mucho” “me desagrada” “Ni me agrada ni me desagrada” “me agrada” “me agrada mucho”, y se les asignó un puntaje del 1 al 5 respectivamente. También se aplicó un cuestionario

descriptivo en el cual se puntuó del 0 al 10 la percepción de distintas características que se pueden encontrar en el pan, como propiedades de color, olor, sabor, textura de corteza y corteza de miga. Finalmente se aplicó un cuestionario de encuesta de consumidor para conocer la posibilidad de compra de los distintos panes; estos cuestionarios pueden encontrarse en la sección de anexos. Los integrantes del panel no tenían conocimiento de las diferencias entre los panes ya que las muestras se dieron numeradas del 1 al 5, siendo el orden PC8, PC16, PM, PCC y PC, respectivamente.

Se realizó un análisis estadístico ANOVA seguido de una prueba de Tukey para evaluar si las muestras de pan muestran una diferencia significativa entre ellas en función a el color, sabor, olor, textura de miga y textura de corteza. Asimismo, se graficaron los porcentajes que los integrantes del panel respondieron del 0 al 5 en la escala de aceptabilidad de los parámetros mencionados

5.6 Preparación de muestras para análisis

Los análisis de compuestos fenólicos totales, índice de polifenoles, actividad antioxidante y antocianos y taninos totales fueron realizados en muestras de los extractos y de los panes fortificados con té verde.

Para las muestras de panes se pesaron 125 g de cada pan (PC8, PC16, PM, PCC y PC) y se añadieron 200 mL de agua destilada. Después se realizó un proceso de extracción por medio de baño de ultrasonido durante 10 min. Pasado este tiempo, las muestras fueron coladas con un colador de cocina y centrifugadas durante 10 min en una centrifuga (HERMLE Labortechnik GmbH, Germany) a 5000 rpm. El sobrenadante resultante de la centrifugación

fue usado para llevar a cabo los análisis de cuantificación de compuestos fenólicos, actividad antioxidante, índice de polifenoles, taninos y antocianinas.

Los extractos de té fueron diluidos en agua destilada con las mismas proporciones y metodología que los extractos elaborados para la elaboración de las muestras de pan.

5.7 Índice de polifenoles totales

El índice de polifenoles totales se determinó según la metodología descrita por Surco Laos et al., 2020, usando un espectrofotómetro UV-Vis Genesys 10S (Thermo Fisher Scientific, EE. UU). Se midió la absorbancia a 280 nm de las diluciones de los extractos acuosos y los extractos de panes.

5.8 Cuantificación de compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos se determinaron siguiendo el método Folin-Ciocalteu, diluyendo el reactivo Folin-Ciocalteu (1:1) en agua destilada. Se mezclaron 100 μ L de pan con 125 μ L de la disolución anterior, incubándose durante 6 min a temperatura ambiente (Aproximadamente 20 ° C). Posteriormente, se agregaron 1.25 mL de Na₂CO₃ al 20% y se ajustó el volumen final a 3 mL con agua destilada. Las muestras se agitaron en un Vortex-Gene 2 G560 (Scientific Industries, E.E. U.U.) y se dejaron incubar durante 90 min en la oscuridad a temperatura ambiente. Finalmente, se midió la absorbancia a 760 nm. Previamente se realizó una recta de calibrado con ácido gálico, la cual fue usada como estándar para la concentración de fenoles, los cuales se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (GAE) por 1 g de té en la muestra. Todas las mediciones se hicieron por triplicado.

5.9 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante se midió siguiendo el método de radical ABTS desarrollado por Re et al. (1999). Para ello, se prepararon 5 mL del radical ABTS^{•+} de una solución acuosa del 2,2'-azino-bis-(3-etil-benzo-tiazolona-6-ácido sulfónico) (ABTS; Sigma-Aldrich, México) 7 mM, reaccionado con K₂S₂O₈ 2.45 mM. El radical se dejó reposar a temperatura ambiente en la oscuridad durante 16 h (aproximadamente 17°C).

Después del periodo de incubación, la solución se diluyó con etanol absoluto para obtener una absorbancia de 0.70 ± 0.02 a 734 nm (tomado como absorbancia inicial), midiendo en un espectrofotómetro UV-Vis Genesys 10S (Thermo Fisher Scientific, E.E.U.U.). Finalmente, se mezclaron 950 μ L de la solución diluida de ABTS^{•+} con 50 μ L de la muestra a analizar por triplicado y se midió la absorbancia al minuto uno (absorbancia inicial) y a los 7 min (absorbancia final). El porcentaje de inhibición se calculó a partir de la ecuación:

$$\% \text{ inhibición} = \left(\frac{\text{Absorbancia inicial} - \text{Absorbancia final}}{\text{Absorbancia inicial}} \right) \times 100$$

Se realizó una recta de calibrado utilizando Trolox como estándar (200 ppm). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de Trolox por g de té en la muestra. Las mediciones se hicieron por triplicado.

5.10 Cuantificación de antocianinas

La determinación de antocianinas se hizo siguiendo la metodología de Yang et al (2009), en la cual 1 mL de muestra fue mezclado con 25 mL de solución de etanol alcohólico (pH 1) (95% etanol y 1N HCl 85:15 v/v); Posteriormente se incubó 30 minutos a baño maría a 50°C y centrifugado a 10,00 rpm por 15 minutos a 4°C. Se tomó el sobrenadante para medir la

absorbancia de forma inmediata a 530 nm y 700 nm; los resultados fueron interpretados según la siguiente ecuación

$$C = \left[\frac{A_{530} - A_{700}}{\varepsilon} \right] \times \text{Volumen total del extracto} \times MV \times \frac{1}{\text{Peso de la muestra}}$$

5.11 Determinación de taninos totales

2 mL de cada muestra fue diluido en 6 mL de mezcla reaccionaria de butanol etílico (500 mL HCl puro, 500 mL de butanol, 150 mg Fe(SO₄)₃). La solución se dividió en dos tubos, uno fue incubado en la oscuridad mientras que otro fue calentado a baño maría a 100° C por 30 min. Tras dejarse enfriar se midieron las absorbancias a 550 nm y se interpretó según la siguiente ecuación: (Inocente Camones, M. A et al 2010)

$$(Abs B - Abs A)$$

5.12 Costeo y evaluación de viabilidad económica

Se realizó el costeo por medio de los cálculos de los precios de los ingredientes utilizados por la cantidad de cada ingrediente; los resultados fueron expresados en pesos mexicanos por unidades y pesos mexicanos por 100 g de producto.

6 Resultados y discusión

6.1 Elaboración de panes de masa madre enriquecidos con té verde

Los panes de masa madre se elaboraron con los extractos previamente preparados siguiendo los pasos descritos en la sección de metodología. La adición de distintas dosis y tipos de té verde cambio las propiedades de la masa desde el momento del amasado. Comparado con el control realizado con agua (EC), se pudo observar una mayor tensión durante los periodos de reposo en las masas elaborados con EC8 y EC16 y una textura más líquida en las masas elaboradas con ECC y EM (**Figura 6.1**)(**Figura 6.2**).



Figura 6.1. . Masas preparadas con té verde previo al horneado; PC16 (izquierda) y PCC (derecha);



Figura 6.2. Masas preparadas con té verde previo al horneado; PM (izquierda), PC8 (centro) y PC (derecha)

El color no presentó variación en las masas a excepción de EM, que presentó una tonalidad verde clara antes del horneado. Este color se hizo más tenue después del horneado para obtener PM. por otro lado, las masas EC8, EC16 y ECC que se usaron para obtener PC8, PC16 y PCC, respectivamente, generaron masas con un color ligeramente más oscuro que PC (Figura 6.3).

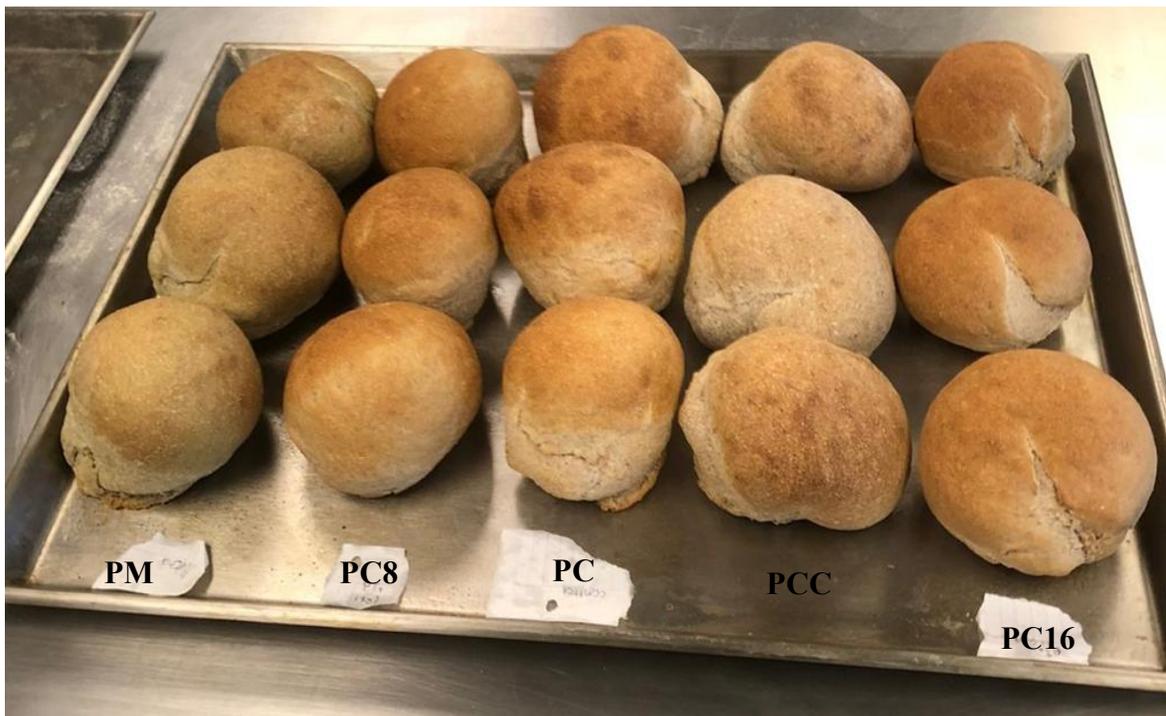


Figura 6.3. Panes enriquecidos con té verde y control. De izquierda a derecha; PM, PC8, PC, PCC, PC16.

Las diferencias de color en el pan, antes y después de hornear se pueden ver una tabla Pantone de comparación de color inicial contra color final, la cual se encuentra en la sección de anexos.

6.2 Evaluación de características sensoriales de los panes

Las características sensoriales del pan son de gran importancia, no solo para determinar si las variantes en la elaboración del producto tienen un impacto, si no para evaluar las propiedades sensoriales comparando contra un control.

Se aplicaron tres cuestionarios de evaluación, uno como prueba hedónica al consumidor, uno de análisis sensorial descriptivo y una encuesta al consumidor de mercado para recabar la información necesaria para interpretar el impacto de las formulaciones. Estos se pueden encontrar en la sección de anexos.

El pan con mejor aceptabilidad de color fue PC, seguido de PCC y PC16, mientras que el de menor aceptabilidad fue PM (**Figura 6.4**), probablemente por su intenso color verde (miga) en contraste con los otros panes con un color más tradicional, ya que como Mahony A. (2011) menciona las personas están más inclinadas a consumir el pan que se ve como pan tradicional. (**Figura 6.5**). Wang y Zhou (2004) compararon el color de panes enriquecidos con hojas de té verde, la adición de 50, 100 y 150 g de té/100 g harina resultó en un ligero cambio de color hacia la gama de grises, pero esto no afectó la aceptabilidad del consumidor.

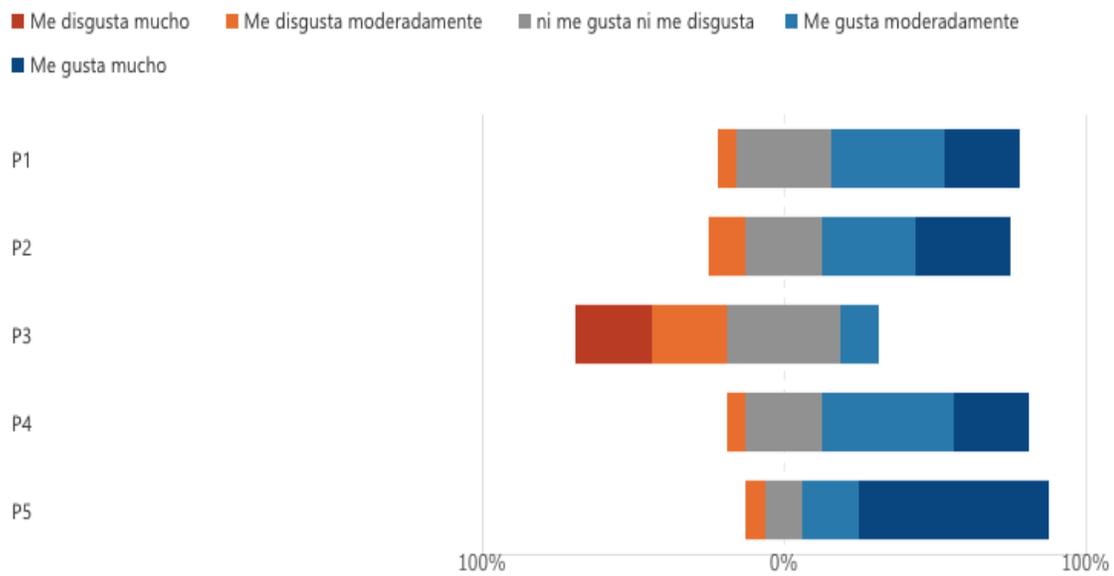


Figura 6.4. . Grado de aceptabilidad de color de los panes; Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas *P1*(PC8), *P2*(PC16), *P3*(PM), *P4*(PCC), *P5*(PC)

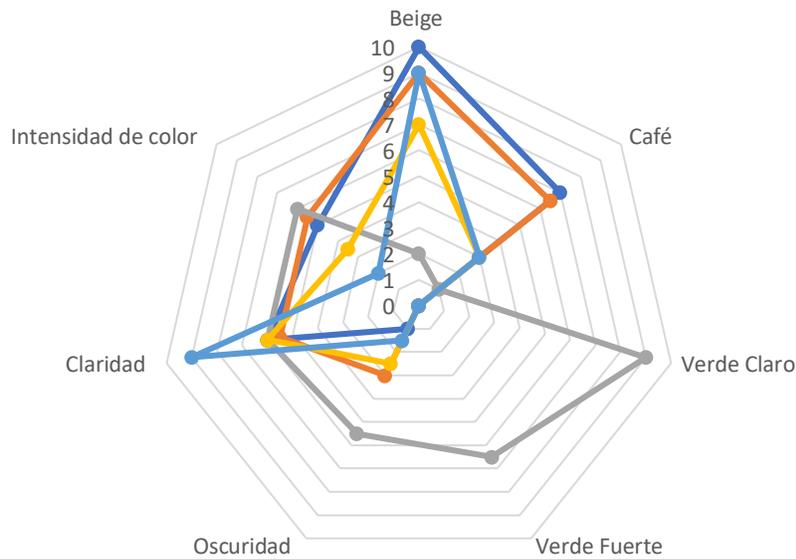


Figura 6.5. Percepción de características de color de los panes

Los sabores más aceptados fueron los de PC y PC16, mientras que los menos aceptados fueron PM y PC8 (**Figura 6.6**). Los sabores percibidos por los encuestados fueron “*fermentado*”, “*ácido*” y “*astringente*”, sin embargo, el sabor más percibido (especialmente en PCC) fue el “*salado*” (**Figura 6.8**). Cuando se les permitió a los encuestados agregar otro sabor que encontraron en el pan, dos sujetos contestaron que encontraban sabor ligero a té en todos los panes o un sabor parecido a yerba mate en PCC, esto sin saber que los panes estaban fortificados con té.

Lu et al. (2010) utilizaron té verde en pastel, concluyendo que una adición de 20% de té verde puede pasar desapercibida. Sin embargo, la adición de 30% resulta en cambios

negativos de sabor, realizando la amargura del té en el producto. En este mismo estudio se evaluó la actividad antioxidante y se demostró que el producto fortificado tuvo mayor actividad antioxidante y poder reductor, usando el método DPPH.

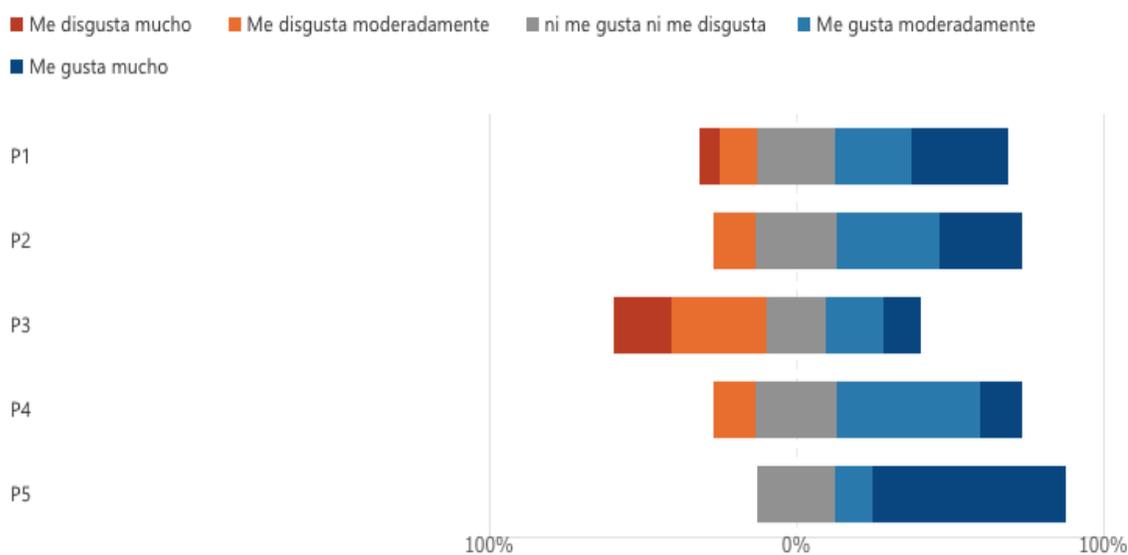


Figura 6.6 Grado de aceptabilidad del sabor de los panes Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC)

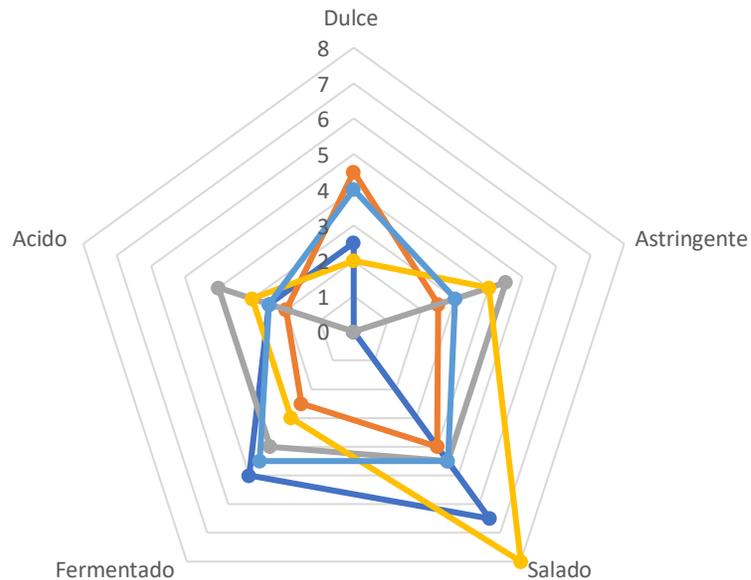


Figura 6.7. Percepción de características de sabor de los panes.

Todos los panes mejoraron su porcentaje de aceptabilidad entre el panel de consumidores en lo que respecta al olor (**Figura 6.8**), teniendo un menor número de respuestas negativas. Los olores más agradables se encontraron en PC y PC16 y los menos agradables en PM y PC8. El olor predominante fue el de “harina de trigo”, “dulzor” y “fermentado” (**Figura 6.9**).

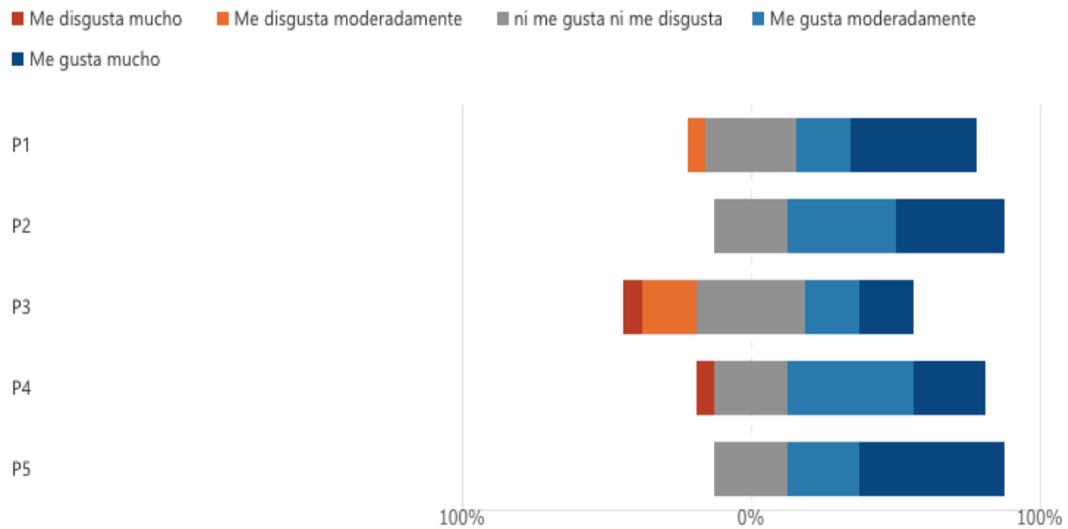


Figura 6.8. Grado de aceptabilidad del aroma de los panes. Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC)

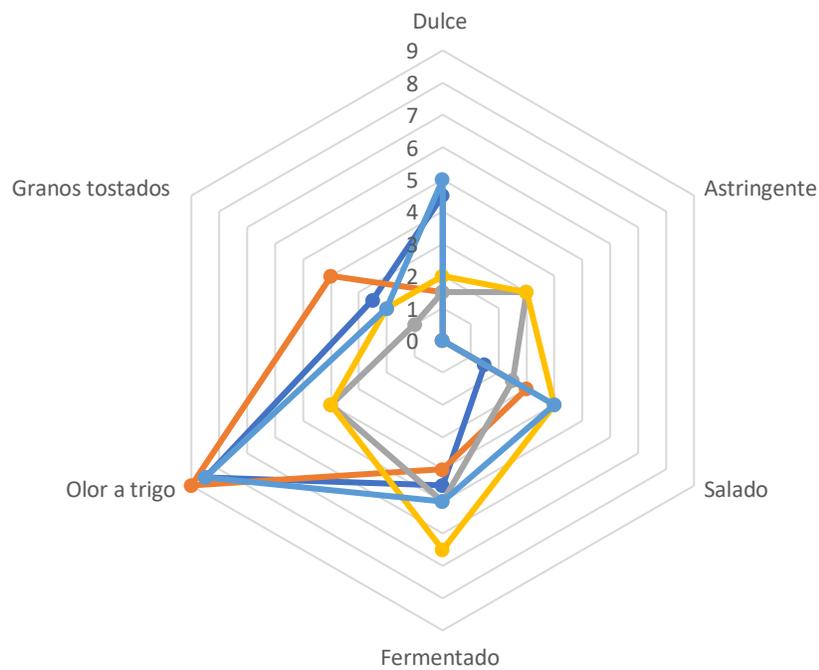


Figura 6.9 . Percepción de características del aroma de los panes.

La textura de las migas que mejor respuesta obtuvieron del panel de consumidores fueron PC seguido de PC16 y las que menor aceptación obtuvieron fueron PM y PC8 (**Figura 6.10**). Asimismo, las cortezas que más agradaron fueron PC y PC16 y las que menos gustaron fueron PM y PCC (**Figura 6.11**). La miga de todos los panes fue mayoritariamente descrita como “suave”, “ligera (airosa)” y “densa” (**Figura 6.12**).

Ning et al. (2017) describen cambios en la textura de panes fortificados con té verde, específicamente un menor volumen de producto proporcional a la cantidad de té agregado, teniendo como resultado un pan con mayor dureza y pegajosidad. Este fenómeno se pudo ver en PM, el cual fue reportado como crudo por dentro y denso por algunos sujetos encuestados.

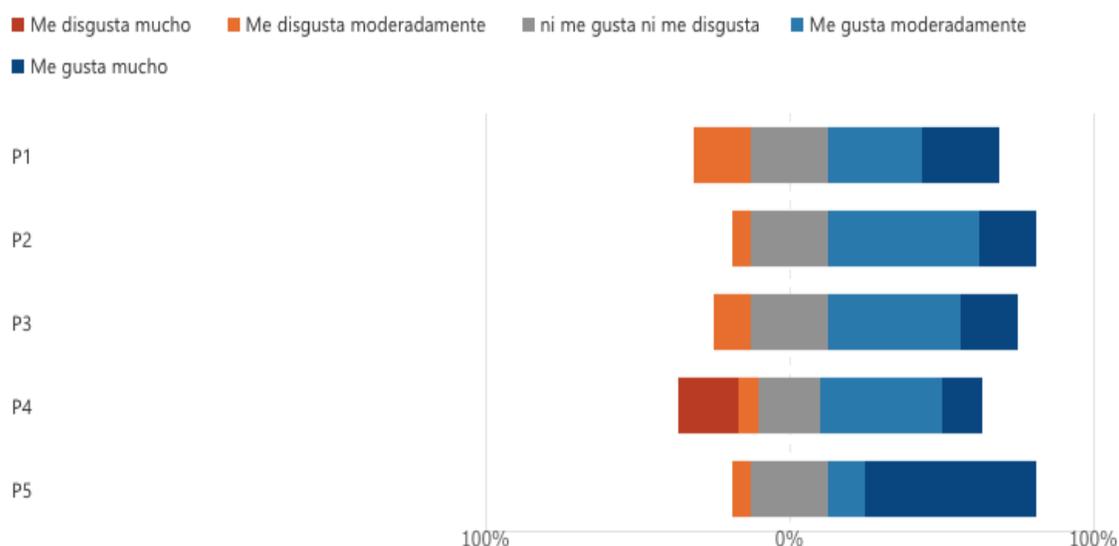


Figura 6.10. Grado de aceptabilidad de la textura de la miga. Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC)

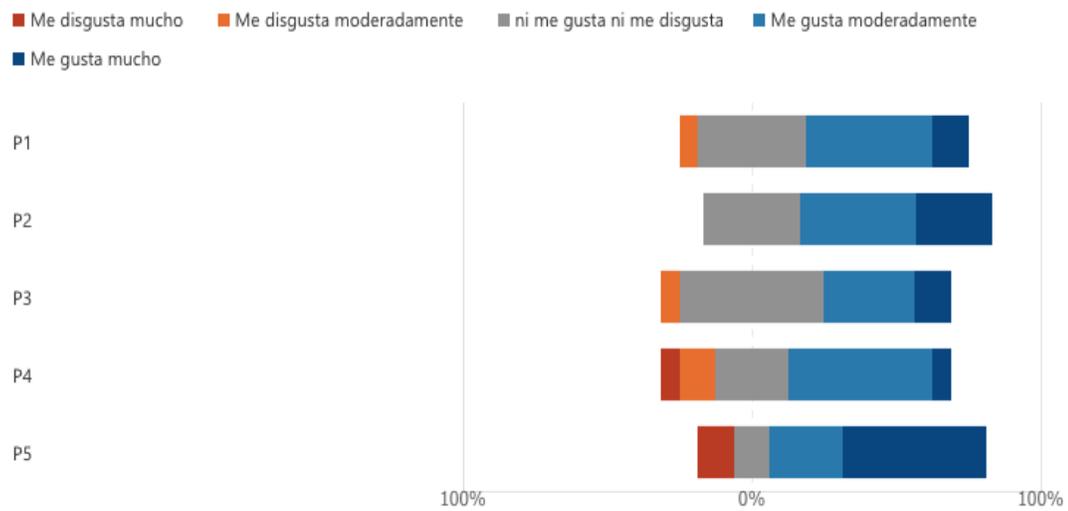


Figura 6.11 Grado de aceptabilidad de la textura de la corteza. Correspondencia de muestras de panes en el estudio ciego y muestras conocidas P1(PC8), P2(PC16), P3(PM), P4(PCC), P5(PC)

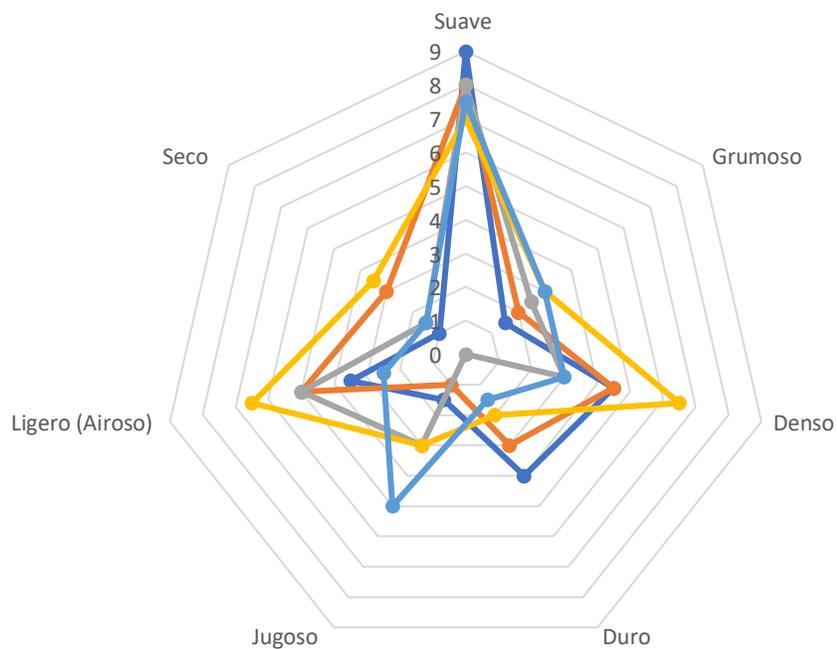


Figura 6.12. Percepción de la textura de la miga de los panes.

Los resultados obtenidos de estos cuestionarios indican una variación de características organolépticas amplias entre las distintas muestras de pan. Hubo una mayor aceptación por el consumidor, en general, por PC y PC16; mientras que el producto más rechazado fue PM.

Tras realizar el cuestionario de consumidor se observa un aumento en la posibilidad de compra en caso de saber que el producto tiene beneficios para la salud, así como un aumento en el precio dispuesto a pagarse por el producto (**Tabla 6.1**).

Tabla 6.1. . Posibilidad de compra de producto conociendo y sin conocer los beneficios a su salud.

	PC8	PC16	PM	PCC	PC
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Población que compraría el pan sin conocer los beneficios a su salud	81.3	81.3	62.5	68.8	68.8
Población que compraría el pan conociendo los beneficios a su salud	93.8	93.8	81.3	81.3	87.5

6.3 Análisis estadístico de análisis sensorial de panes; Pan con extracto de 8 gr de *Camellia sinensis*,(PC8), ; Pan con extracto de 16 gr de *Camellia sinensis*,(PC16), ; Pan con mathca (PM, ; Pan con *Camellia sinensis* completa ,(PCC), ; Pan control (PC)

El análisis estadístico ANOVA realizado confirmo que PM fue diferente de todos los demás panes en los parámetros de color ($p < 0.05$) y sabor ($p < 0.05$); los parámetros de olor, textura de miga y textura de corteza no presentaron diferencias significativas .

En la prueba de Tukey de color de los panes señala que el PM fue la muestra que mostro diferencia a las otras, esto se podía apreciar a simple vista por su color verde en comparación a el color beige tradicional de los otros panes. Esta diferencia de color y la

menor puntuación en la encuesta hedónica muestra una relación entre el color distinto y mayor rechazo del consumidor.

Tabla 6.2 Promedio de puntuación por medio de análisis hedónico (5 puntos).

Característica	PC8	PC16	PM	PCC	PC	P valor (p<0.05)
Color	3.81 ^a +/- 0.91	3.81 ^a +/-1.04	2.73 ^b +/-1.02	4.18 ^a +/-1.27	4.06 ^a +/-1.18	0.00
Aroma	4 ^a +/-1.03	3.627 ^a +/-1.62	3.5 ^a +/-1.09	3.75 ^a +/-1.18	4.12 ^a +/-1.14	0.592
Sabor	3.52 ^{ab} +/-1.20	4 ^a +/-0.96	2.75 ^b +/-1.34	3.5 ^{ab} +/-0.81	4.375 ^a +/-0.88	0.01
Textura de miga	3.625 ^a +/-1.08	3.183 ^a +/- 0.83	3.625 ^a +/-0.94	3.75 ^a +/-1.34	4.188 ^a +/-1.04	0.179
Textura de corteza	3.625 ^a +/-0.80	3.938 ^a +/- 0.77	3.5 ^a +/-0.81	3.375 ^a +/-1.02	4 ^a +/- 1.3	0.3 ⁶

¹ Las letras iguales no presentan diferencias significativas entre si según la prueba ANOVA seguido de Tukey (p<0.05)

6.4 Preparación de extractos de té verde

Se realizaron 4 extractos de té verde para la preparación de panes y su posterior análisis. Estos extractos se prepararon a distintas dosis y presentaciones de *Camellia sinensis* para evaluar si esto influye las propiedades atribuidas a los extractos usados para enriquecer al alimento. Los extractos obtenidos siguiendo la metodología descrita previamente, tuvieron tonalidades verde-amarillo con diferentes intensidades de color, lo cual indica una diferencia en su concentración de compuestos extraídos.

6.5 Cuantificación de compuestos fenólicos

Para todos los análisis realizados en las muestras de pan se realizó una extracción acuosa de 125 g del pan (aproximadamente 1/6 de la masa total), siguiendo el protocolo descrito en la sección de metodología (**Figura 6.13**).

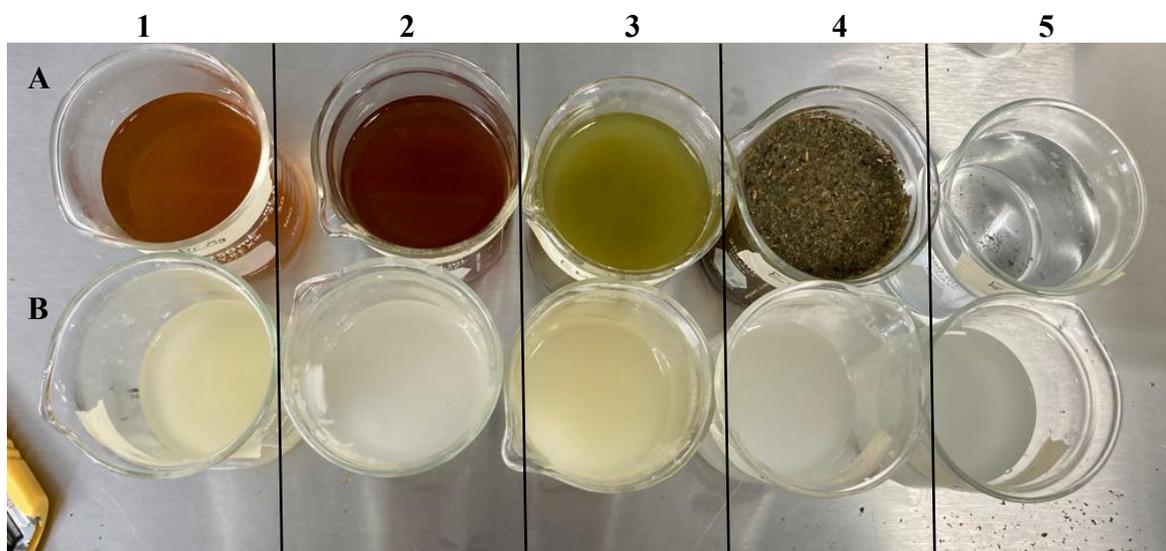


Figura 6.13. Extractos de té (A) y extractos de panes (B). De izquierda a derecha: EC8 (A1) y PC8 (B1); EC16 (A2) y PC16 (B2); PM (A3) y EM (B3); PCC (A4) y ECC (B4); PC (A5) y EC (B5).

La cuantificación de compuestos fenólicos usando el método de Folin-Ciocalteu se basa en la capacidad reductora de los compuestos para su cuantificación. Se obtuvo una gran diferencia entre la concentración de compuestos fenólicos de las diferentes muestras de los extractos de *Camellia sinensis* y de los panes elaborados (4-301 mg equivalentes de ácido gálico por g de té) (**Tabla 6.3**). De acuerdo con Kodama et al. (2010) el contenido de compuestos fenólicos en té preparado se encuentra en el intervalo de 90 a 341 equivalentes de catequinas por gramo de té verde. Asimismo, Zielinski et al. (2014) reportan $1,034.48 \pm 416.24$ GAE/L en 18 muestras de *Camellia sinensis*.

Tabla 6.3. Contenido de compuestos fenólicos en extractos de té verde y panes fortificados con té verde.

	Muestra	mg equivalentes de ácido gálico / g de té
Extractos	EC8	298.55 ± 1.53
	EC16	161.53 ± 17.48
	EM	301.52 ± 77.28
	ECC	91.48 ± 15.93
	EC	n.d. ±
Panes	PC8	4.09 ± 6.61
	PC16	10.97 ± 0.10
	PM	54.95 ± 2.55
	PCC	10.06 ± 4.32
	PC	n.d. ±

Al comparar el contenido de compuestos fenólicos solo en panes, se pueden observar valores de entre 4.09 y 54.95 equivalentes de ácido gálico por g de té de muestra en base húmeda (**Figura 6.14**). El pan con mayor cantidad de compuestos fenólicos es PM y el menor es PC8.

Por otro lado, los extractos presentan valores de entre 91.48 y 301.52 equivalentes de ácido gálico por gramo de té en base húmeda (**Figura 6.15**). La muestra que presenta la mayor cantidad de compuestos fenólicos es EC8 y la que menos es ECC.

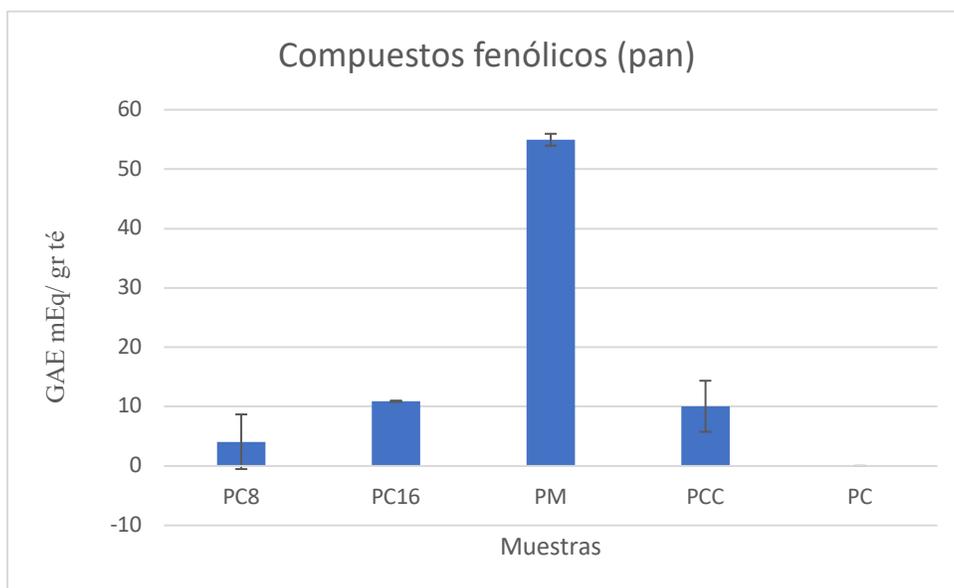


Figura 6.14. Contenido de compuestos fenólicos en muestras de pan preparados con extractos de té verde.

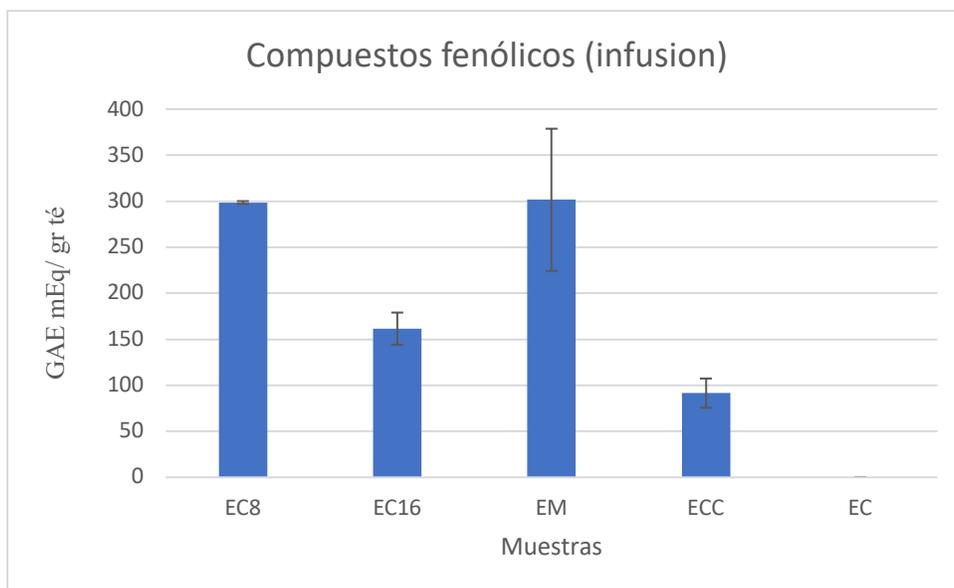


Figura 6.15 Contenido de compuestos fenólicos en extractos de té verde.

Se puede ver una relación entre la baja aceptación del PM y su alto contenido de compuestos fenólicos en comparación a los otros panes. Sin embargo, los panes con mayor aceptación fueron el PC y el PC16, el más bajo en compuestos fenólicos y el segundo más alto. Ambas relaciones pueden señalar que la adición de compuestos fenólicos en el pan de forma controlada pueden ser un componente positivo; no obstante, en cantidades grandes se vuelven un elemento negativo.

6.6 Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante in vitro por ABTS⁺ indica la capacidad de un compuesto de neutralizar radicales libres en un ambiente controlado. Al aplicar la técnica a las muestras se encontró una actividad antioxidante ligera en los panes y muy alta en los extractos de té (**Tabla 6.4**).

Tabla 6.4 Actividad antioxidante por ABTS⁺ en extractos de té verde y panes fortificados con té verde.

	Muestra	Equivalente a trolox / gramo de té en muestra
Extractos	EC8	251.2 \pm 12.6
	EC16	143.5 \pm 12
	EM	179.6 \pm 35.6
	ECC	319.7 \pm 20.4
	EC	1.1 \pm 0.5
Panes	PC8	52.1 \pm 4.5
	PC16	16.9 \pm 0.1
	PM	136.5 \pm 10.1

PCC	107.2 ± 118.2
PC	32.7 ± 16.5

Al comparar la actividad antioxidante entre panes, se observan valores de entre 16.9.7 y 136.53 equivalentes de Trolox por gramo de *Camellia sinensis* en el pan (**Figura 6.16**). El pan con menor actividad antioxidante es PC16 y el de mayor actividad es PM. Ning et al. (2017) cuantificó la actividad antioxidante de pan elaborado con té verde encontrando una relación de la dosis de té verde agregado con la actividad antioxidante, especialmente pasando de 1.00 g de té verde/100 g de harina a 2.00 g de té verde/100 g de harina.

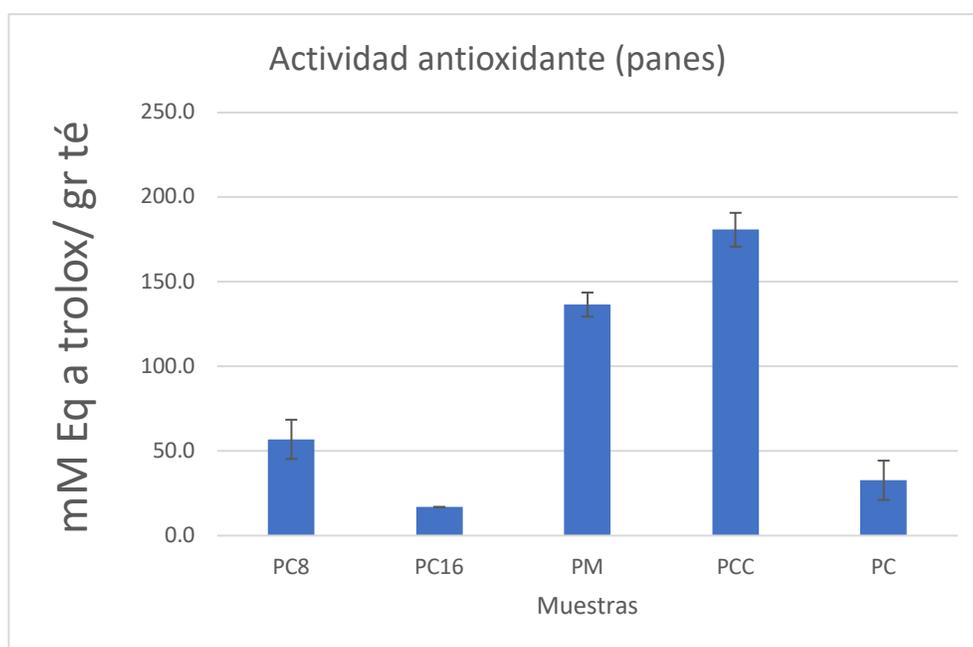


Figura 6.16 Cuantificación de actividad antioxidante de muestras de panes preparados con extractos de té verde.

La actividad antioxidante en los extractos de té presenta de valores de 143.48 a 319.68 de equivalentes de Trolox/g de té verde, siendo el extracto de mayor actividad antioxidante ECC y el de menor EC16 (**Figura 6.17**). Los valores reportados por Lee et al. (2014) reportaron alrededor de 4,000 equivalentes de Trolox/g de té. También reportan que la

actividad antioxidante de las catequinas es mayor a la de Trolox, explicando la necesidad de diluir tanto los compuestos (1:100) en este ensayo.

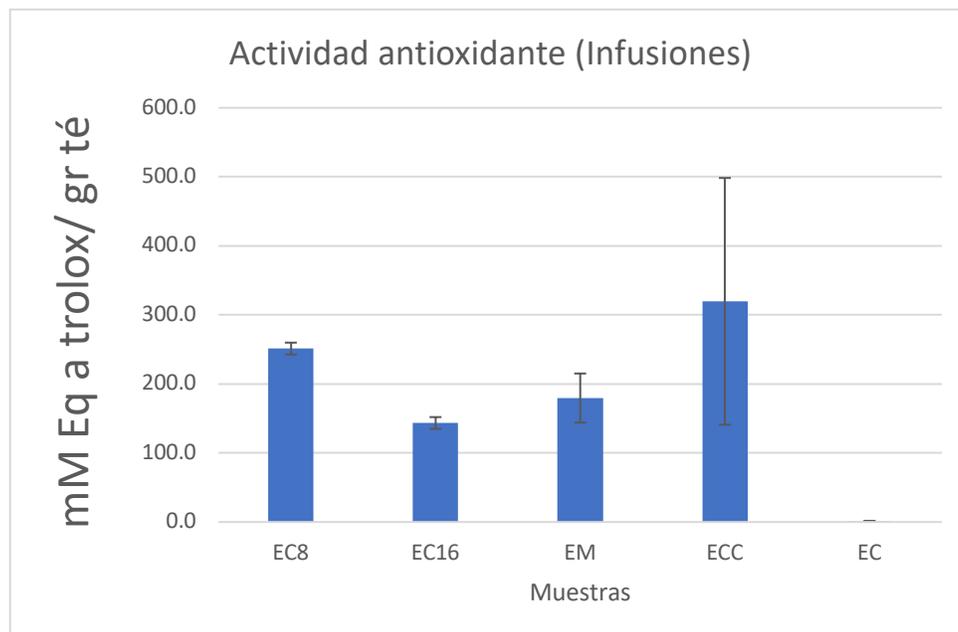


Figura 6.17. Actividad antioxidante de las muestras de extractos de té verde

Al comparar la actividad antioxidante de los panes y los extractos originarios no se encuentra relación ya que los panes con mayor actividad antioxidante son PM, PCC y PC8 respectivamente, mientras que los extractos con mayor actividad antioxidante son los ECC, EC8 y EM. El cambio de orden en la cuantificación de actividad antioxidante podría ser objeto de estudio en futuros trabajos, investigando si la composición de las catequinas de cada muestra podría tener algo que ver con este fenómeno

6.7 Evaluación del índice de polifenoles totales

El índice de polifenoles se cuantificó por absorbancia de forma rápida y eficiente. Los polifenoles en las muestras de pan y de los extractos de té verde se evaluaron sin discriminar los tipos de polifenoles. Los panes elaborados con los extractos de té verde tienen un índice polifenólico mucho menor que sus extractos originarios (**Tabla 6.5**).

Tabla 6.5 Resultados de índice de Polifenoles

	Muestra	Índice de polifenoles
Extractos	EC8	84.2 \pm 0.003
	EC16	54.3 \pm 0.003
	EM	39.9 \pm 0.075
	ECC	23.04 \pm 0.049
	EC	0.107 \pm 0.014
Panes	PC8	18.42 \pm 0.065
	PC16	34.74 \pm 0.038
	PM	37.74 \pm 0.036
	PCC	19.56 \pm 0.032
	PC	1.194 \pm 0.007

Entre los panes, el que tiene mayor cantidad de polifenoles es el PM (37.74) y el que menos tiene es el PC8 (18.42) (**Figura 6.18**). Al compararlos con los extractos el que más polifenoles contiene es el de EC8 (84.2) y el que menos el ECC (23.04) (**Figura 6.19**).

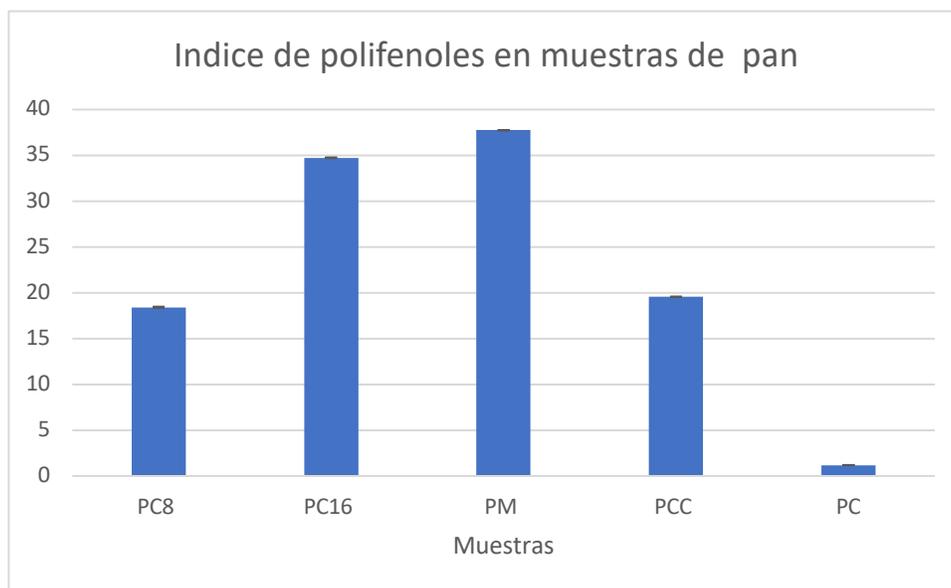


Figura 6.18 Gráfico de Índice de Polifenoles de Panes

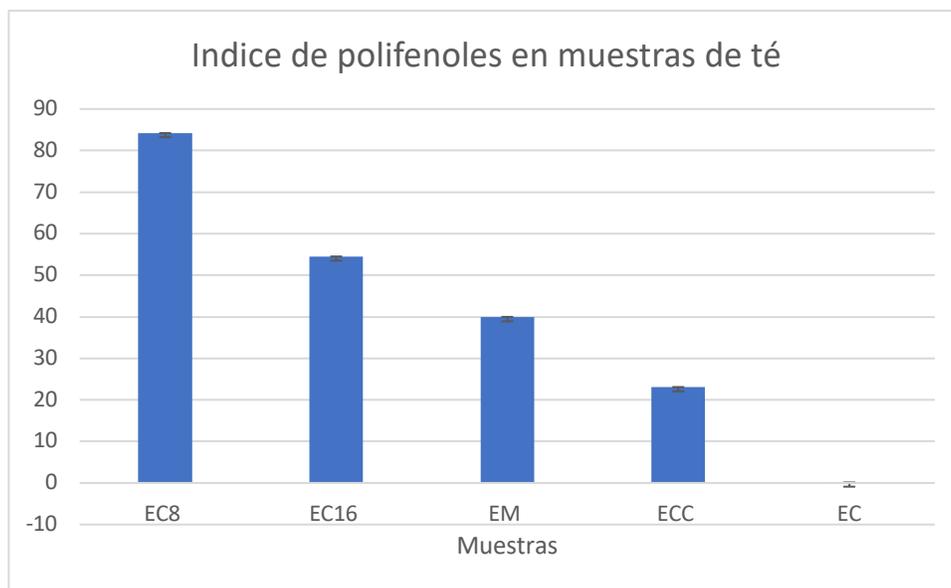


Figura 6.19 Gráfico de Índice de Polifenoles de Té

La disminución en el índice de polifenoles puede ser debido a las pérdidas en el proceso de horneado o a una dosis disminuida de polifenoles extraída por el pan. Quan Vuong et al., 2011 menciona que las altas temperaturas pueden provocar cambios de conformación y estructura en las catequinas

6.8 Determinación del contenido de antocianinas

La cuantificación de antocianinas no se pudo realizar debido a la falta de reacción, la cual genera el color medible en el espectrofotómetro, esto indica que no hay suficientes antocianinas tanto en las muestras de pan como en los extractos.

Kerio et al., 2012 y Lv et al., 2015 identifican que ciertos tipos de té verde con pigmentación morada presentan antocianinas, sin embargo, estas variedades no son tan comunes. Posiblemente el té seleccionado para esta investigación no presentaba los compuestos a estudiar desde un inicio.

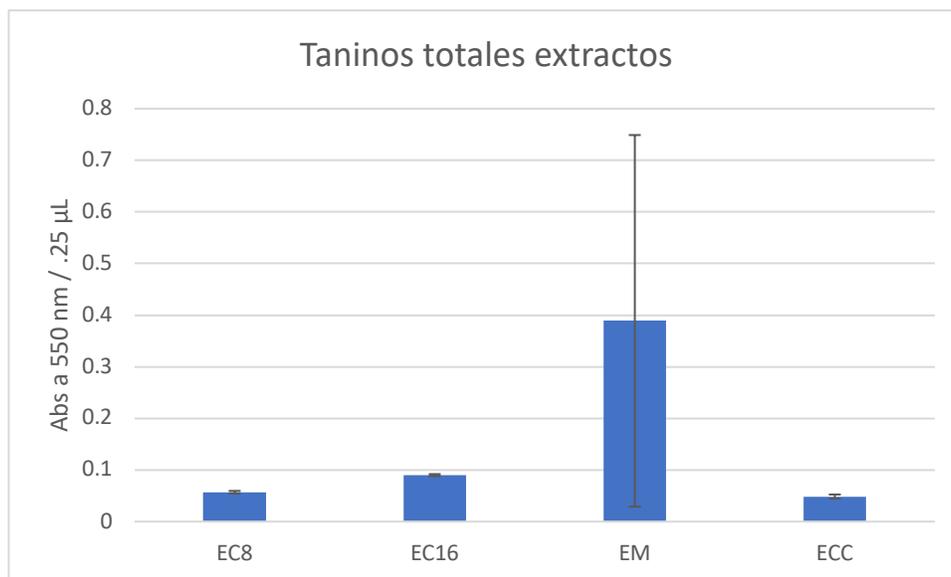
6.9 Determinación de taninos totales

La reacción necesaria para la cuantificación de taninos solamente se dio de en los extractos de té, por ende, no es posible comparar la cantidad de taninos en el extracto originario y sus respectivos panes. Esto indica que, a pesar de que los extractos tienen una pequeña cantidad de taninos, estos compuestos se destruyen o disminuyen su presencia tras el proceso de elaboración de pan de tal manera que no son cuantificables. Esto puede ser debido a que las altas temperaturas hacen más propensos a los taninos de una inactivación. (H.P.S Makkar et al 1996)

El extracto que más taninos presento fue el EM y el que menos presento fue el de ECC (**Tabla 6.6**) (**Figura 6.20**). Lau, O.-W., Luk, S.-F., & Huang, H.-L. 1989 analiza la cantidad de taninos en distintas muestras de té comercial, obteniendo entre 3.98 y 12.6% contenido de taninos, lo cual indica que realmente la presencia de taninos en extractos de té es algo frecuente.

Tabla 6.6 Resultados de cuantificación de taninos totales

Muestra	Abs a 550 nm / .25 μ L
<i>EC8</i>	0.057
<i>EC16</i>	0.09
<i>EM</i>	0.389
<i>ECC</i>	0.0485
<i>PC8</i>	0
<i>PC16</i>	0
<i>PM</i>	0
<i>PCC</i>	0

**Figura 6.20** Gráfico de cuantificación de taninos totales de extractos

6.10 Evaluación de viabilidad comercial y económica

Tras realizar los cálculos en pesos mexicanos, se llegó a un precio de \$43 para la producción del control (PC). Este precio se vio aumentado a \$73.2 en el PC8, PM y PCC y llegó a los \$103 en el PC16. Para este precio no se tomó en cuenta la producción de la masa madre, ya que en esta el precio es dependiente a factores el tiempo que se ha tenido el cultivo de levaduras activo y la frecuencia con la que se alimenta.

El precio elevado se atribuye a la elección de materias primas (harina blanca, harina integral y té verde) con el sello orgánico. Esta categorización de alimentos puede aumentar el precio de entre un 11% hasta un 334% adicional al precio del producto convencional. (López Salazar G. 2019).

Es necesario reevaluar la producción de panes fortificados para una mayor accesibilidad al consumidor promedio, o categorizar y comercializar el producto en sectores socioeconómicos en los cuales los consumidores estén dispuestos a pagar el precio aumentado por el uso de productos orgánicos.

6.11 Costeo y evaluación de viabilidad económica.

La accesibilidad económica de un producto es de gran importancia para evaluar que tan exitoso o alcanzable será para la población general o específica. El precio de los panes enriquecidos con té verde aumento de un 70% a un 139% (**Tabla 6.7**)

Tabla 6.7. Precio de elaboración de panes enriquecidos con té verde

	Pesos mexicanos	Pesos mexicanos
Muestra	/ 1 unidad	/ 100 gr

PC	43.4	6.2
PC8	73.1	10.4
PC16	103	14.7
PM	73.1	10.4
PCC	73.1	10.4

El precio elevado se puede atribuir a la elección de materia prima, la cual fue hecha priorizando ingredientes de origen orgánico; en el mercado mexicano la certificación orgánica eleva el precio de un producto aproximadamente 40% (Arce Quesada, 2020).

7 Conclusiones

La elaboración de panes fortificados con *Camellia sinensis* para la obtención de un alimento funcional que proporciona beneficios a la salud se llevó a cabo exitosamente. Se prepararon distintos panes preparados con distintas cantidades de extractos de té verde, siendo el pan más agradable para consumidor el PC seguido del PC16, preparado con un extracto hecho con 16 g de té verde; y el menos agradable fue el PM, preparado con 4 gramos de matcha.

Los panes elaborados presentan como propiedad benéfica a la salud, compuestos fenólicos provenientes de infusiones de té verde usado en lugar de agua para la preparación de la masa. Una vez elaborados los panes, se observa un aumento en índice de polifenoles, compuestos fenólicos y actividad antioxidante, cuando se compararon contra el pan preparado usando agua en lugar de los extractos de té verde. El pan con mayor cantidad de en polifenoles y compuestos fenólicos es PM (adicionado con matcha), seguido por PC16, PCC y PC8 respectivamente; el pan de mayor actividad antioxidante es también PM, seguido

por PCC, PC8 y PC16. Los panes no presentaron antocianinas en los análisis realizados y no retuvieron los taninos que se encontraron en los extractos originarios.

Los resultados demuestran una buena retención de compuestos fenólicos y un efecto antioxidante positivo en cada uno de los panes preparados, sin embargo, destaca el pan preparado con extracto de té matcha, que es té verde molido, el cual presenta una mayor cantidad de compuestos fenólicos, polifenoles y actividad antioxidante. Lo anterior puede ser ocasionado por la disponibilidad de los compuestos bioactivos durante el proceso de extracción debido el tamaño de partícula. Por otro lado, solo con excepción de PC16, todos los panes presentan un mayor efecto antioxidante, comparado con el pan preparado sin aditivos. Por lo anterior, se evidencia el efecto positivo de la adición de compuestos fenólicos provenientes de los extractos de té verde durante la preparación del pan enriquecido.

A pesar de que el PM destaca en compuestos fenólicos y actividad antioxidante, su resultado negativo en el análisis sensorial no lo hace recomendable para su comercialización. Sería una opción más viable la comercialización del PC16 o PCC, los cuales aún tienen un contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante mayor que el control y también presentan buena aceptabilidad del consumidor.

Trabajos futuros pueden centrarse en la respuesta del modelo biológico *C. Elegans* tras la administración de extractos de té verde y extractos de los panes de te verde. Esto con el fin de evaluar si, de acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio, también hay una mejora en la resistencia al estrés oxidativo en modelos biológicos tras la administración de extractos.

8 Bibliografía

- Afepadi. (2018, May 22). *Complementos Alimenticios - AFEPADI - Las catequinas del té verde. Evaluación sobre su seguridad*. Afepadi.org; Complementos Alimenticios - AFEPADI. <https://www.afepadi.org/index.php/noticias/item/400-las-catequinas-del-te-verde-evaluacion-sobre-su-seguridad>
- Al-Awaida, W. J., Zihlif, M. A., Al-Ameer, H. J., Sharab, A., Akash, M., Aburubaiha, Z. A., Fattash, I. A., Imraish, A., & Ali, K. H. (2019). The effect of green tea consumption on the expression of antioxidant- and inflammation-related genes induced by nicotine. *Journal of Food Biochemistry*, 43(7). <https://doi.org/10.1111/jfbc.12874>
- Antocianinas. La Guía de Química. (2011, June 25). Laguia2000.com. <https://quimica.laguia2000.com/elementos-quimicos/antocianinas>
- Arce Quesada, S. E. (2020). Análisis comparativo de precios y costos de producción de hortalizas cultivadas de manera orgánica y convencional. *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43091>
- Arendt, E. K., Ryan, L. A. M., Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24(2), 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>
- Arora, K., Ameer, H., Polo, A., Di Cagno, R., Rizzello, C. G., & Gobbetti, M. (2021). Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review. *Trends in*

Food Science & Technology, 108, 71–83.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.008>

Atomssa, T., Gholap, A. (2015). *Journal of Engineering and Technology Research Characterization and determination of catechins in green tea leaves using UV-visible spectrometer*. 7(1), 22–31. <https://doi.org/10.5897/JETR2014.0527>

Barettino Grediaga (2015). Estudio en *Caenorhabditis elegans* del papel de los genes de la vía de apoptosis como mediadores de longevidad. Universitat Politècnica De València. Recuperado de:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/53253/BARETTINO%20-%20Estudio%20en%20C.%20elegans%20del%20papel%20de%20los%20genes%20de%20la%20v%C3%ADa%20de%20apoptosis%20como%20mediadores%20d...pdf?sequence=4>

Belderok, B. (2000) Developments in bread making process, from: <https://link-springer-com.udlap.idm.oclc.org/content/pdf/10.1023/A:1008199314267.pdf>

Bettuzzi, S., Brausi, M., Rizzi, F., Castagnetti, G., Peracchia, G., & Corti, A. (2006). Chemoprevention of Human Prostate Cancer by Oral Administration of Green Tea Catechins in Volunteers with High-Grade Prostate Intraepithelial Neoplasia: A Preliminary Report from a One-Year Proof-of-Principle Study. *Cancer Research*, 66(2), 1234–1240. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.can-05-1145>

Bhardwaj, P. Khanna, D. (2013). Green tea catechins: defensive role in cardiovascular disorders. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 11(4), 345–353. [https://doi.org/10.1016/s1875-5364\(13\)60051-5](https://doi.org/10.1016/s1875-5364(13)60051-5)

- Cao, Shi-Yu, Cai-Ning Zhao, Ren-You Gan, Xiao-Yu Xu, Xin-Lin Wei, Harold Corke, Atanas G. Atanasov, and Hua-Bin Li. (2019). "Effects and Mechanisms of Tea and Its Bioactive Compounds for the Prevention and Treatment of Cardiovascular Diseases: An Updated Review" *Antioxidants* 8, no. 6: 166. <https://doi.org/10.3390/antiox8060166>
- Catequinas (2013). Retrieved September 16, 2021, from Catequinas website: <https://catequinas.weebly.com/>
- Cheng, A. W., Tan, X., Sun, J. Y., Gu, C. M., Liu, C., & Guo, X. (2019). Catechin attenuates TNF- α induced inflammatory response via AMPK-SIRT1 pathway in 3T3-L1 adipocytes. *PLoS One*, 14(5), e0217090. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217090>
- Clement, Y. (2009). *Can green tea do that? A literature review of the clinical evidence. Preventive Medicine*, 49(2-3), 83–87. doi:10.1016/j.ypmed.2009.05.0
- Csepregi, K., Kocsis, M., Hideg, É. (2013). On the spectrophotometric determination of total phenolic and flavonoid contents. *Acta Biologica Hungarica*, 64(4), 500–509. doi:10.1556/abiol.64.2013.4.10
- Dziki, D., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., & Świeca, M. (2014). *Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. Trends in Food Science & Technology*, 40(1), 48–61. doi:10.1016/j.tifs.2014.07.01
- Dziki, D., Różyło, R., Urszula Gawlik-Dziki, & Swieca, M. (2014, August). *Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of*

plant... ResearchGate; Elsevier.

https://www.researchgate.net/publication/264546288_Current_trends_in_the_enhancement_of_antioxidant_activity_of_wheat_bread_by_the_addition_of_plant_materials_rich_in_phenolic_compounds

Elgeti, D. D. Characterization of potential modulators of the intestinal peptide transporter PEPT1 in *Caenorhabditis elegans* and human colon carcinoma cells. https://www.researchgate.net/profile/Dana-Elgeti/publication/265581569_Characterization_of_potential_modulators_of_the_intestinal_peptide_transporter_PEPT1_in_Caenorhabditis_elegans_and_human_colon_carcinoma_cells/links/553900450cf226723ab791ff/Characterization-of-potential-modulators-of-the-intestinal-peptide-transporter-PEPT1-in-Caenorhabditis-elegans-and-human-colon-carcinoma-cells.pdf

Factsheet - *Camellia sinensis* (Tea Plant) (2011). Retrieved August 29, 2021, from [Lucidcentral.org website: https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Camellia_sinensis_\(Tea_Plant\).htm](https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Camellia_sinensis_(Tea_Plant).htm)

FastStats - Leading Causes of Death (2021). Retrieved October 10, 2021, from <https://www.cdc.gov/nchs/fastats/leading-causes-of-death.htm>

Gallo, G. (2021). *Camellia sinensis*. Retrieved September 11, 2021, from Inecol.mx website: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/596-camellia-sinensis>

- Goh, R., Gao, J., Ananingsih, V. K., Ranawana, V., Henry, C. J., Zhou, W. (2015). Green tea catechins reduced the glycaemic potential of bread: An in vitro digestibility study. *Food Chemistry*, 180, 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.054>
- Graham, H. N. (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive medicine*, 21(3), 334-350. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(92\)90041-f](https://doi.org/10.1016/0091-7435(92)90041-f)
- H.P.S Makkar, K. Becker. (1996) *Effect of pH, Temperature, and Time on Inactivation of Tannins and Possible Implications in Detannification Studies*. ACS Publications. *Agri. Food Chem.* 1996, 44, 5, 1291–1295. <https://doi.org/10.1021/jf9506287>
- Ikeda, I., Kobayashi, M., Hamada, T., Tsuda, K., Goto, H., Imaizumi, K., Nozawa, A., Sugimoto, A., Kakuda, T. (2003). Heat-epimerized tea catechins rich in gallo catechin gallate and catechin gallate are more effective to inhibit cholesterol absorption than tea catechins rich in epigallocatechin gallate and epicatechin gallate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(25), 7303-7307. <https://doi.org/10.1021/jf0347281>
- Inocente Camones, Miguel Ángel; Fuertes Ruitón, César; Jurado Teixeira, Bertha; Mondragón Tarrillo, Iris Giovana; Taype Espinoza, Evelyng Del Rosario
CUANTIFICACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS EN *Triplaris americana* L. (TANGARANA COLORADA) *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 76, núm. 2, abril-junio, 2010, pp. 138-148 Sociedad Química del Perú Lima, Perú

- Joseph, R., & Bachhawat, A. K. (2014). *Encyclopedia of Food Microbiology* (2da ed) 823–830. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384730-0.00361-x>
- Kamal Khaleel A, Bin Shaari R, Rif Awang Nawi M, Sultan Akrifai A (2020) Health Benefits of Green Tea and Green Tea Catechins with an Overview on their Anti-Cancer Activity. *International Journal of Pharmaceutical Research*. DOI: <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.04.233>
- Kerio, F. N. (2014). Attenuation of t-Butylhydroperoxide induced oxidative stress in HEK 293 WT cells by tea catechins and anthocyanins. *Seku.ac.ke*. <https://doi.org/2006-9820>
- Kim, M.-J., & Rhee, S.-J. (2004). Green Tea Catechins Protect Rats from Microwave-Induced Oxidative Damage to Heart Tissue. *Journal of Medicinal Food*, 7(3), 299–304. <https://doi.org/10.1089/jmf.2004.7.299>
- Klepacka, J., Tońska, E., Rafałowski, R., Czarnowska-Kujawska, M., & Opara, B. (2021). Tea as a Source of Biologically Active Compounds in the Human Diet. *Molecules*, 26(5), 1487. <https://doi.org/10.3390/molecules26051487>
- Kodama, D. H., Gonçalves, A. E. de S. S., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (qu). Flavonoids, total phenolics and antioxidant capacity: comparison between commercial green tea preparations. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(4), 1077–1082. doi:10.1590/s0101-20612010000400037
- Kuriyama S, Shimazu T, Ohmori K, et al. Green Tea Consumption and Mortality Due to Cardiovascular Disease, Cancer, and All Causes in Japan: The Ohsaki Study. *JAMA*. 2006;296(10):1255–1265. doi:10.1001/jama.296.10.1255

- La ciencia y el hombre. (2021). Retrieved September 17, 2021, from Www.uv.mx website:
<https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num1/articulos/micronucleos/index.htm>
- Lau, O.-W., Luk, S.-F., & Huang, H.-L. (1989). *Spectrophotometric determination of tannins in tea and beer samples with iron(III) and 1,10-phenanthroline as reagents. The Analyst, 114(5), 631.* doi:10.1039/an9891400631
- Lee, L.-S., Kim, S.-H., Kim, Y.-B., & Kim, Y.-C. (2014). Quantitative Analysis of Major Constituents in Green Tea with Different Plucking Periods and Their Antioxidant Activity. *Molecules, 19(7), 9173–9186.*
<https://doi.org/10.3390/molecules19079173>
- Leenen, R., Roodenburg, A., Tijburg, L., & Wiseman, S. (2000). A single dose of tea with or without milk increases plasma antioxidant activity in humans. *European Journal of Clinical Nutrition, 54(1), 87–92.*
<https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600900>
- Lopez, Salazar G.L (2019). Factores que influyen en la compra de alimentos orgánicos en México. Un análisis mixto. *Small Buissnes International Review, 3 (2), 69.85.*
<http://doi.org/10.26784/sbir.v3i2.210>
- Lorenzo, J. M., & Munekata, P. E. S. (2016). Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 6(8), 709–719.* <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.06.010>
- Lu, T. M., Lee, C. C., Mau, J. L., & Lin, S. D. (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry, 119, 1090–1095.*

- Lucía Cristina Vázquez-Cisneros, Patricia López-uriarte, Antonio López-espinoza, Monica Navarro Meza, Ana Cristina Espinoza-gallardo, Martha Beatriz Guzmán Aburto (mayo-junio 2017) Efectos del té verde y su contenido de galato de epigallocatequina (egcg) sobre el peso corporal y la masa grasa en humanos. una revisión sistemática. Recuperado el 6 de septiembre de 2021, de <https://www.nutricionhospitalaria.org/index.php/articles/00753/show#!>*
- Mahony A. (2011). *EFFECT OF COLOR ON THE ODOR, FLAVOR, AND ACCEPTANCE PROPERTIES OF FOODS AND BEVERAGES*. Kansas State University.
- Markaki, M., & Tavernarakis, N. (2020). *Caenorhabditis elegans as a model system for human diseases. Current Opinion in Biotechnology, 63, 118–125.*
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.011>
- Martínez, Jesús Guadalupe (2018), *Tendencias de panadería en México y el mundo, Claustromía. Revista gastronómica digital, Universidad del Claustro de Sor Juana, Ciudad de México, <<http://www.claustromia.mx>>*.
- Medina Olivia. (2016). *El fascinante mundo del té. México: Editorial Porrúa.*
- Monteiro, R., & Azevedo, I. (2010). *Chronic Inflammation in Obesity and the Metabolic Syndrome. Mediators of Inflammation, 2010, 1–10.*
<https://doi.org/10.1155/2010/289645>
- Moon, H.-S., Lee, H.-G., Choi, Y.-J., Kim, T.-G., & Cho, C.-S. (2007). *Proposed mechanisms of (-)-epigallocatechin-3-gallate for anti-obesity. Chemico-Biological Interactions, 167(2), 85–98.*
<https://doi.org/10.1016/j.cbi.2007.02.008>

- Naldi, M., Fiori, J., Gotti, R., Périat, A., Veuthey, J.-L., Guillarme, D., & Andrisano, V. (2014). UHPLC determination of catechins for the quality control of green tea. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 88, 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2013.08.054>
- Negishi, H., Xu, J.-W., Ikeda, K., Njelekela, M., Nara, Y., & Yamori, Y. (2004). Black and Green Tea Polyphenols Attenuate Blood Pressure Increases in Stroke-Prone Spontaneously Hypertensive Rats. *The Journal of Nutrition*, 134(1), 38–42. <https://doi.org/10.1093/jn/134.1.38>
- Ning, J., Hou, G. G., Sun, J., Wan, X., & Dubat, A. (2017). Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.052>
- Oliveira, R. M. M. D. (2012). vuotification of catechins and caffeine from green tea (*Camellia sinensis*) infusions, extract, and ready-to-drink beverages. *Food Science and Technology*, 32(1), 163–166. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612012005000009>
- Ortiz S., Jimena, Chungara, Milenka, Ibieta, Gabriela, Alejo, Isabel, Tejeda, Leslie, Peralta, Carmelo, Aliaga-Rossel, Enzo, Mollinedo, Patricia, & Peñarrieta, J. Mauricio. (2019). Determinación de teobromina, catequina, capacidad antioxidante total y contenido fenólico total en muestras representativas de cacao Amazónico Boliviano y su comparación antes y después del proceso de fermentación. *Revista Boliviana de Química*, 36(1), 40-50. Recuperado en 16 de diciembre de 2021, de

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602019000100004&lng=es&tlng=es.

Peng, X., Zhou, R., Wang, B., Yu, X., Yang, X., Liu, K., & Mi, M. (2014). Effect of green tea consumption on blood pressure: A meta-analysis of 13 randomized controlled trials. *Scientific Reports*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/srep06251>

PRAT KRICUN, S.D. Contenido de catequinas en cultivares argentinos de té (*Camellia sinensis*), elaborados como té verde Sencha RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 37, núm. 3, diciembre, 2011, pp. 249-255 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Buenos Aires, Argentina

Publication Date:December 8, 2004

Pupo, V., Robles, G., & Reyna. (2017). Estrés oxidativo. *Correo Científico Médico*, 21(1), 171–186. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1560-43812017000100014&script=sci_arttext&tlng=pt

Quan Vuong, Stathopoulos, C. E., Nguyen, M. H., & Paul Daniel Roach. (2011, July). *Isolation of Green Tea Catechins and Their Utilization in the Food Industry*. ResearchGate; Taylor & Francis. https://www.researchgate.net/publication/232873408_Isolation_of_Green_Tea_Catechins_and_Their_Utilization_in_the_Food_Industry#pf11

Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76–89. Retrieved from

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-

[16112012000100009](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100009)

Ramírez, M. (2017, April 23). *El té se abre camino en tierra mexicana*. Milenio.com; Grupo

Milenio. <https://www.milenio.com/negocios/el-te-se-abre-camino-en-tierra-mexicana>

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C.

(1999). *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231–1237. doi:10.1016/s0891-5849(98)00315-3

Renna, N.F.; Miatello, R.M.; *Fisiología del músculo liso vascular*; Inter-Médica; 1; 1; 2013;

172-175.

Rong Wang and Weibiao Zhou (2004). *Stability of Tea Catechins in the Breadmaking*

Process. *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, 26, 8224–8229

Ruan, R., Feng, L., Li, J., Ng, T.-P., & Zeng, Y. (2013). *Tea Consumption and Mortality in*

the Oldest-Old Chinese. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(11), 1937–1942. <https://doi.org/10.1111/jgs.12498>

S. Ahmed. J. R . Steep. (2013) *Tea in health and disease prevention*. Vol 1

Sajid Maqsood , Soottawat Benjakul & Fereidoon Shahidi (2013): *Emerging Role of*

Phenolic Compounds as Natural Food Additives in Fish and Fish Products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:2, 162-179

- Sánchez-Valle V, Méndez-Sánchez N. (2013) Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Med Sur* ;20(3):161-168
- Schneider C, Segre T (2009). Green Tea: Potential Health Benefits. *Am Fam Physician*. 2009 Apr 1;79(7):591-594.
<https://www.aafp.org/afp/2009/0401/p591.html>
- Seraffni M, Ghiselli A & Ferro-Luzzi A (1996): In vivo antioxidant effect of green and black tea in man. *Eur. J. Clin. Nutr.* 50, 28 ± 32.
- Shalaby, E. (Ed.). (2019). *Antioxidants*. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.77838>
- Sharma, V., Gulati, A., Ravindranath, S. D., & Kumar, V. (2005). A simple and convenient method for analysis of tea biochemicals by reverse phase HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(6), 583–594.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.02.015>
- Singh, A., S. Holvoet y A. Mercenier (2011). "Dietary polyphenols in the prevention and treatment of allergic diseases." *Clin. Exp. Allergy* 41(10): 1346-1359.
- Singh, N. A., Mandal, A. K. A., & Khan, Z. A. (2015). Potential neuroprotective properties of epigallocatechin-3-gallate (EGCG). *Nutrition Journal*, 15(1).
<https://doi.org/10.1186/s12937-016-0179-4>
- Surco Laos, F., Ayquipa Paucar, H., Quispe Gamboa, W., García Ceccarelli, J., & Valle Campos, M. (2020). DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTO DE SEMILLAS DE UVAS

RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE PISCOS. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 86(2), 123–131. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i2.282>

Sutherland, B. A., Rahman, R. M. A., & Appleton, I. (2006). Mechanisms of action of green tea catechins, with a focus on ischemia-induced neurodegeneration. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 17(5), 291–306. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2005.10.005>

Tania, Rodríguez-Rodríguez, E., & Sánchez-Muniz, F. J. (2022). El té verde ¿una buena elección para la prevención de enfermedades cardiovasculares? *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(4), 380–394. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000400003#:~:text=Numerosas%20investigaciones%20han%20demostrado%20los,91%2C92%2C94\).](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000400003#:~:text=Numerosas%20investigaciones%20han%20demostrado%20los,91%2C92%2C94).)

Türközü, D., Tek, N. A. (2017). A minireview of effects of green tea on energy expenditure. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(2), 254-258. doi: [10.1080/10408398.2014.986672](https://doi.org/10.1080/10408398.2014.986672)

Udry, Sebastián Pablo. (2012). L-Teanina, ¿un aminoácido proveniente del té verde, con múltiples efectos sobre el SNC? *Psicofarmacología (B. Aires)*, 39–45. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/esSiqueira/lil-653246>

Valavanidis, A. (2019, June 4). Tea, the Most Popular Beverage Worldwide, is Beneficial to Human Health. *Studies on antioxidant...* Retrieved September 6, 2021, from ResearchGate website:

https://www.researchgate.net/publication/333602515_Tea_the_Most_Popular_Beverage_Worldwide_is_Beneficial_to_Human_Health_Studies_on_antioxidant_polyphenolic_constituents_and_epidemiological_evidence_for_disease_prevention

- Valenzuela B., A. (2004). EL CONSUMO TE Y LA SALUD: CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES BENEFICAS DE ESTA BEBIDA MILENARIA. *Revista Chilena de Nutrición*, 31(2), 72–82. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182004000200001>
- Varilek, G. W., Yang, F., Lee, E. Y., DeVilliers, W. J., Zhong, J., Oz, H.S., Westberry, K.F., McClain, C J. (2001). Green tea polyphenol extract attenuates inflammation in interleukin-2–deficient mice, a model of autoimmunity. *The Journal of nutrition*, 131(7), 2034-2039. <https://doi.org/10.1093/jn/131.7.2034>
- Vayalil, P. K., Mittal, A., Hara, Y., Elmets, C. A., & Katiyar, S. K. (2004). Green Tea Polyphenols Prevent Ultraviolet Light-Induced Oxidative Damage and Matrix Metalloproteinases Expression in Mouse Skin. *Journal of Investigative Dermatology*, 122(6), 1480–1487. <https://doi.org/10.1111/j.0022-202x.2004.22622.x>
- Vázquez Cisneros, L. C., López-Uriarte, P., López-Espinoza, A., Navarro Meza, M., Espinoza-Gallardo, A. C., & Guzmán Aburto, M. B. (2017). Efectos del té verde y su contenido de galato de epigallocatequina (EGCG) sobre el peso corporal y la masa grasa en humanos. Una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 34(3), 731. <https://doi.org/10.20960/nh.753>

- Vieux, F., Maillot, M., Rehm, C. D., & Drewnowski, A. (2019). Tea Consumption Patterns in Relation to Diet Quality among Children and Adults in the United States: Analyses of NHANES 2011–2016 Data. *Nutrients*, *11*(11), 2635. <https://doi.org/10.3390/nu11112635>
- Vivek Voora, Steffany Bermúdez, Cristina Larrea (2019) *Global Demand for Tea Is Growing Despite Sustainability Challenges*. International institute of sustainable development. Retrieved from <https://www.iisd.org/system/files/publications/ssi-global-market-report-tea.pdf>
- Wang, R., Zhou, W., & Isabelle, M. (2007). Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation. *Food Research International*, *40*(4), 470–479. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.07.007>
- Wang, R., Zhou, W., & Jiang, X. (2008). Mathematical modeling of the stability of green tea catechin epigallocatechin gallate (EGCG) during bread baking. *Journal of Food Engineering*, *87*(4), 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.002>
- Xiong, L.-G., Chen, Y.-J., Tong, J.-W., Gong, Y.-S., Huang, J.-A., & Liu, Z.-H. (2018). Epigallocatechin-3-gallate promotes healthy lifespan through mitohormesis during early-to-mid adulthood in *Caenorhabditis elegans*. *Redox Biology*, *14*, 305–315. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2017.09.019>
- Xu, H., Liu, T., Xu, J., & Sheng, J. (2019). *Interactions between β -cyclodextrin and tea catechins, and potential anti-osteoclastogenesis activity of...* ResearchGate; Royal Society of Chemistry.

https://www.researchgate.net/publication/335657831_Interactions_between_beta-cyclodextrin_and_tea_catechins_and_potential_anti-osteoclastogenesis_activity_of_the_beta-epigallocatechin-3-gallate-beta-cyclodextrin_complex

- Xu, J., Wang, W., & Li, Y. (2019). *Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. Journal of Functional Foods, 52*, 629–639. doi:10.1016/j.jff.2018.11.052
- Xue, K.-X., Wang, S., Ma, G.-J., Zhou, P., Wu, P.-Q., Zhang, R.-F., ... Wang, Y.-Q. (1992). Micronucleus formation in peripheral-blood lymphocytes from smokers and the influence of alcohol- and tea-drinking habits. *International Journal of Cancer, 50*(5), 702–705. <https://doi.org/10.1002/ijc.2910500506>
- Yang, J., Mao, Q.-X. ., Xu, H.-X. ., Ma, X., & Zeng, C.-Y. . (2014). Tea consumption and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis update. *BMJ Open, 4*(7), e005632–e005632. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005632>
- Younes, M., Aggett, P., Aguilar, F., Crebelli, R., Dusemund, B., Filipič, M., Frutos, M. J., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Lambré, C., Leblanc, J., Lillegaard, I. T., Moldeus, P., Mortensen, A., Oskarsson, A., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., Woutersen, R. A., & Andrade, R. J. (2018). Scientific opinion on the safety of green tea catechins. *EFSA Journal, 16*(4). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5239>

Zhendong Yang; Zhijie Chen; Shulin Yuan; Weiwei Zhai; Xiangshu Piao; Xianglan Piao (2009). *Extraction and identification of anthocyanin from purple corn (Zea mays L.)*. , 44(12), 2485–2492. doi:10.1111/j.1365-2621.2009.02045.x

Zielinski, A. A. F., Haminiuk, C. W. I., Alberti, A., Nogueira, A., Demiate, I. M., & Granato, D. (2014). A comparative study of the phenolic compounds and the in vitro antioxidant activity of different Brazilian teas using multivariate statistical techniques. *Food Research International*, 60, 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.09.010>

9 Anexos

9.1 Rectas de calibrado

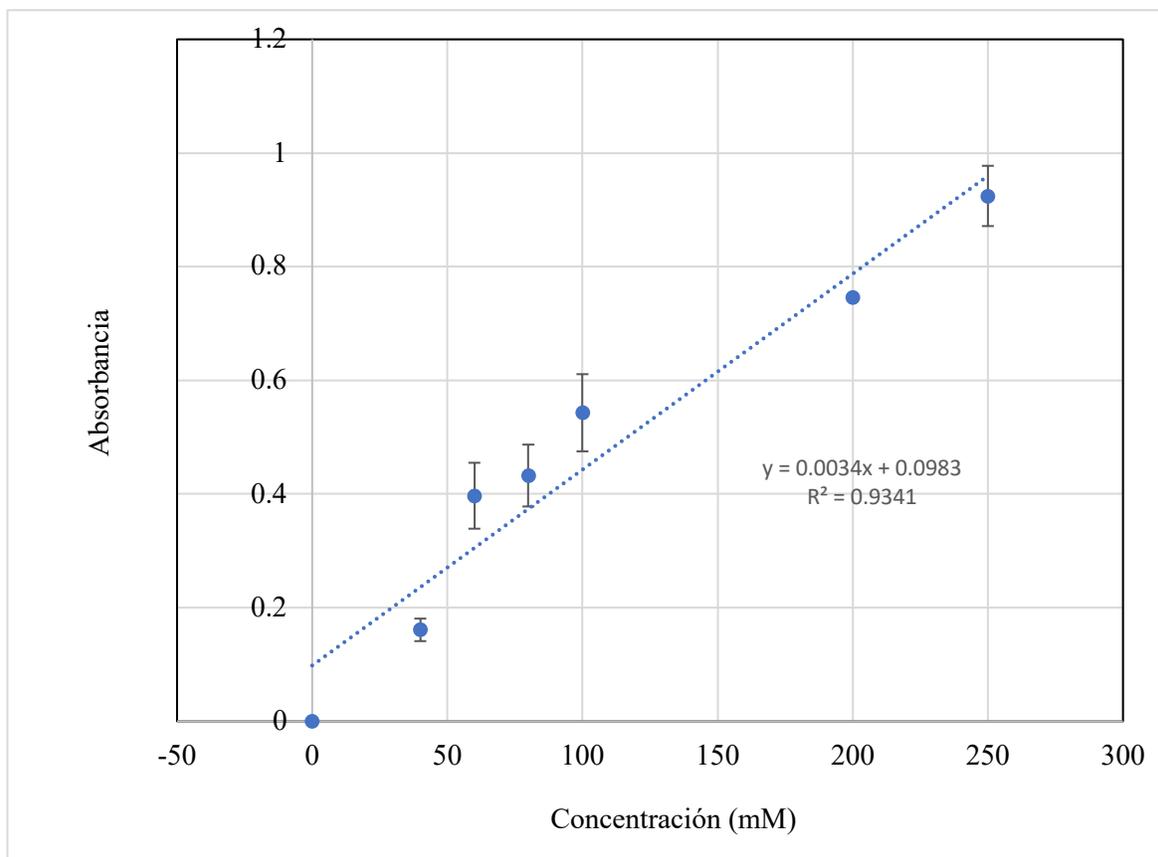


Figura 9.1. Recta de calibrado de ácido gálico.

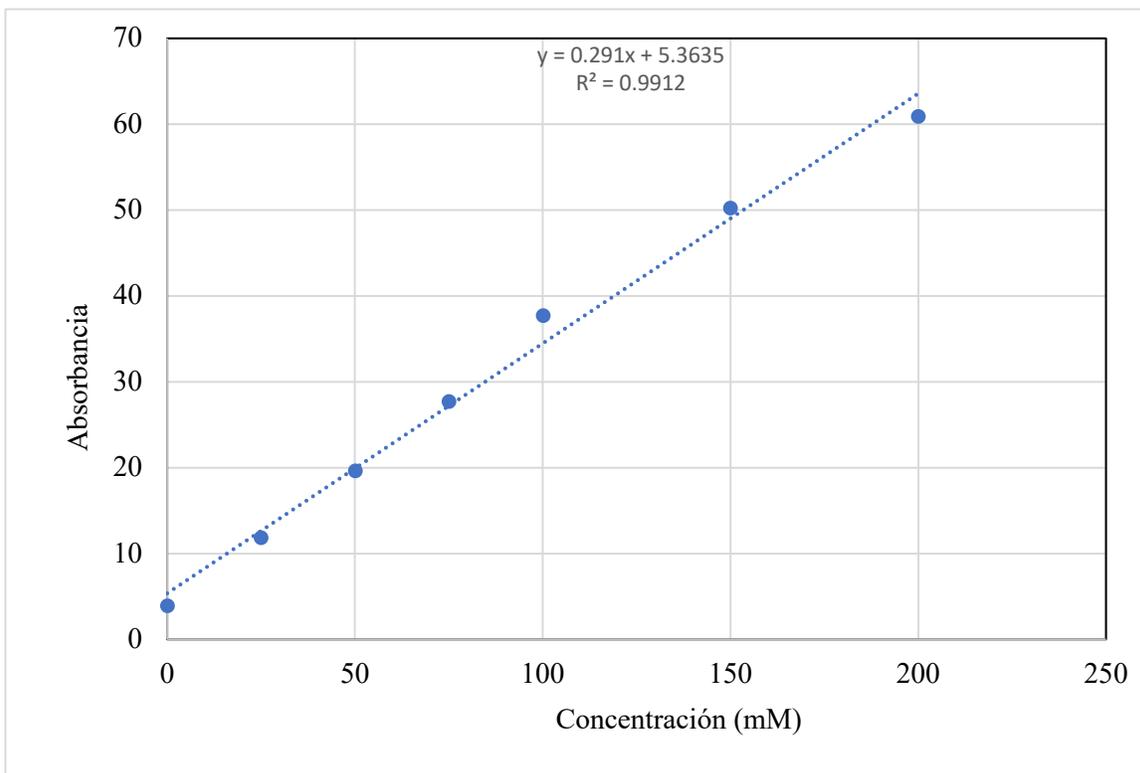


Figura 9.2 Recta de calibrado de Trolox.

9.2 Cuestionarios de análisis sensorial y de consumidor

Tabla 9.1 Prueba de evaninación sensorial afectiva.

Color					
	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
Sabor					
	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
Olor					

	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					

Textura (Miga)

	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					

Textura (Corteza)

	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					

Tabla 9.2 Cuestionario de análisis sensorial descriptivo

Favor de calificar del 0 Al 10, siendo 0 una característica no percibida.

Sabor	T1	T2	T3	T4	T5
Dulce					
Astringente					
Salado					
Fermentado					
Acido					
Otro:					

Aroma	T1	T2	T3	T4	T5
Dulce					
Astringente					
Salado					
Fermentado					
Olor a trigo					
Granos tostados					

Otro:					
Color	T1	T2	T3	T4	T5
Beige					
Café					
Verde Claro					
Verde Fuerte					
Oscuridad					
Claridad					
Intensidad de color					
Otro:					
Textura (Miga)	T1	T2	T3	T4	T5
Suave					
Grumoso					
Denso					
Duro					
Jugoso					
Ligero (Airoso)					
Seco					
Otro:					
Textura (Corteza)	T1	T2	T3	T4	T5
Dura					
Crujiente					
Blanda					
Ligera					
Otro:					

Tabla 9.3 Cuestionario de evaluación de consumidor de mercado

T1
¿Considera el producto agradable? (En general)
¿Compraría este producto?
¿Cuánto pagaría por este producto?
¿Compraría este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)
¿Cuánto pagaría por este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)
T2
¿Considera el producto agradable? (En general)
¿Compraría este producto?
¿Cuánto pagaría por este producto?

¿Compraría este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)

¿Cuánto pagaría por este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)

T3

¿Considera el producto agradable? (En general)

¿Compraría este producto?

¿Cuánto pagaría por este producto?

¿Compraría este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)

¿Cuánto pagaría por este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)

T4

¿Considera el producto agradable? (En general)

¿Compraría este producto?

¿Cuánto pagaría por este producto?

¿Compraría este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)

¿Cuánto pagaría por este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)

T5

¿Considera el producto agradable? (En general)

¿Compraría este producto?

¿Cuánto pagaría por este producto?

¿Compraría este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)

¿Cuánto pagaría por este producto? (sabiendo que podría tener beneficios para su salud)

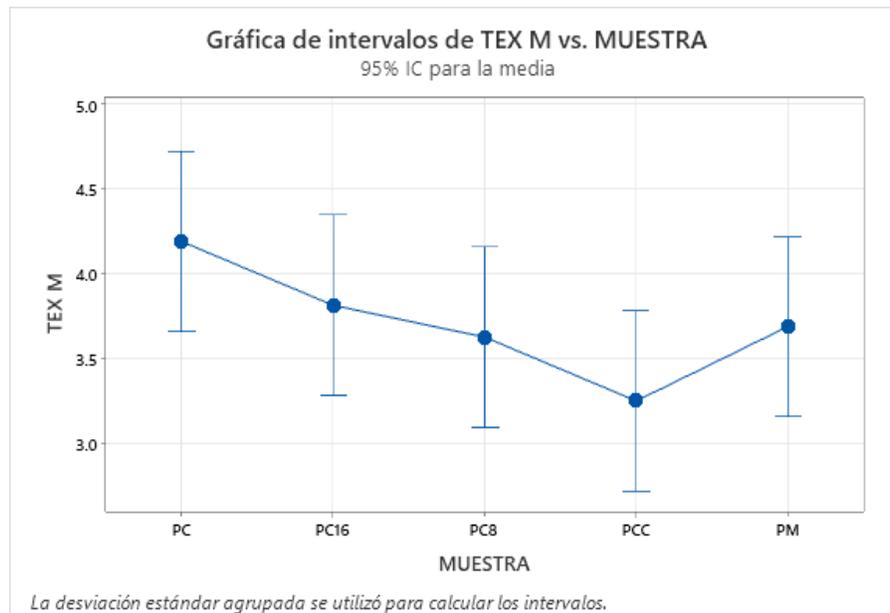


Figura 9.3 Gráfica de intervalos de textura de miga de los panes

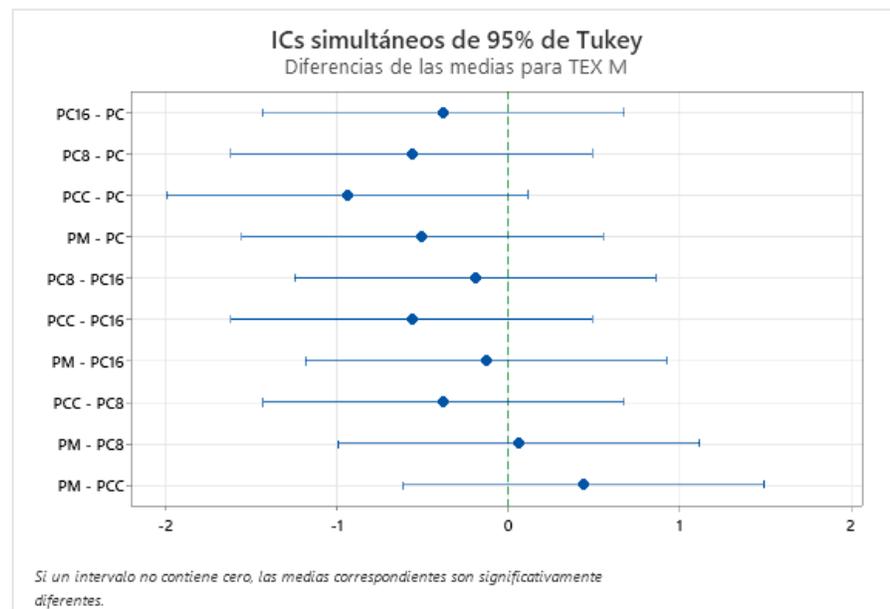


Figura 9.4 Gráfica de comparación de intervalos de confianza de diferencias de textura de miga en todos los panes

9.3 Cambio de color en el pan antes y después al horneado



Figura 9.5 Tabla Pantone de colores en los panes antes y después del horneado

9.4 Porcentaje de pérdida de actividad en distintas metodologías

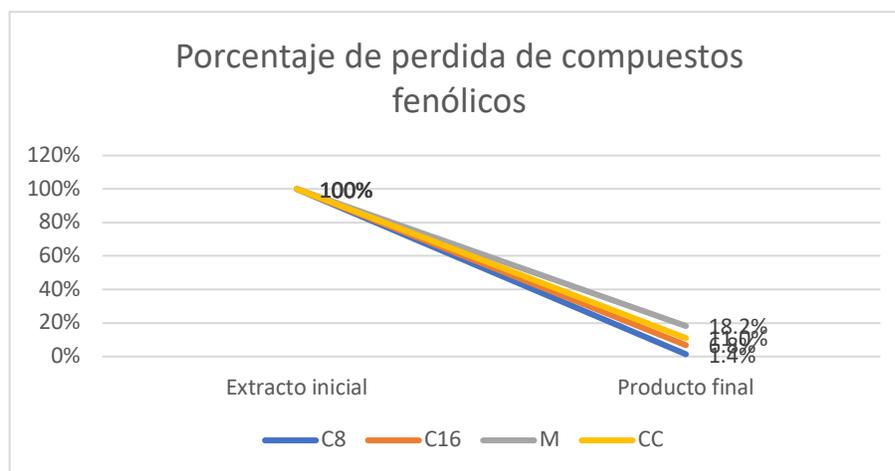


Figura 9.6. Porcentaje de pérdida de compuestos fenólicos

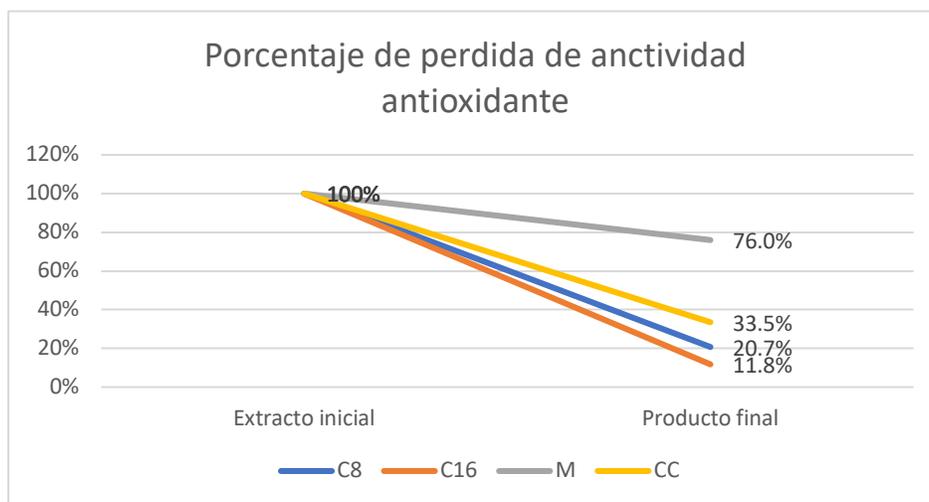


Figura 9.7 Porcentaje de pérdida de actividad antioxidante

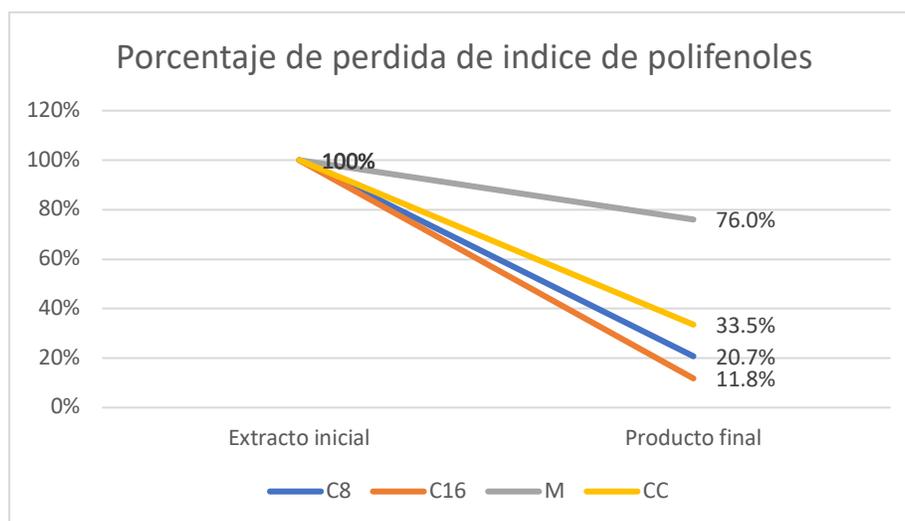


Figura 9.8 Porcentaje de pérdida de Índice de polifenoles