

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA DE MANDARINA CLEOPATRA Y NARANJA VALENCIA, ESTABILIDAD OXIDATIVA Y SENSORIAL EN GALLETAS.

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

PRINCIPE QUISPE, MIRIAM

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-2023

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 15 de mayo del 2023, a horas 6:00 p.m., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **MIRIAM PRINCIPE QUISPE**, titulada:

"CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA DE MANDARINA CLEOPATRA Y NARANJA VALENCIA, ESTABILIDAD OXIDATIVA Y SENSORIAL EN GALLETAS"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran *APROBADO* con el calificativo de *MUY BUENO*; en consecuencia, la sustentante, queda apta para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 15 de mayo del 2023


Ing. Eduardo Alejandro Cáceres Almenara
Presidente


Dr. Roberto Davila Trujillo
Miembro


M.Sc. Raida Lourdes Matos-Bustamante
Miembro


Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez
Asesora


Ing. Darlynn Reátegui Díaz
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 175 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA DE MANDARINA CLEOPATRA Y NARANJA VALENCIA, ESTABILIDAD OXIDATIVA Y SENSORIAL EN GALLETAS.	PRINCIPE QUISPE, MIRIAM	19% Diecinueve

Tingo María, 30 de junio de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

**VICERRECTOR DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACION DOCENTE
Y TESISISTA**

(Resol. N°113-2019-CU-R-UNAS)

1. Datos Generales de Pregrado

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de tesis	: Capacidad antioxidante en cáscara de mandarina cleopatra y naranja valencia, estabilidad oxidativa y sensorial en galletas
Autor	: Príncipe Quispe Miriam
Asesor de Tesis	: Dra. Ordoñez Gómez, Susana Elizabeth Ing. Reátegui Díaz, Darlym
Escuela Profesional	: Ingeniería en Industrias Alimentarias
Programa de investigación	: Ciencia y Tecnología de Alimentos
Línea de investigación	: Ciencia y Tecnología de Alimentos
Eje temático de Investigación	: Procesamiento y/o conservación de alimentos
Lugar de ejecución	: Tingo María, Huánuco
Duración del trabajo	: 2 años
Financiamiento	: FEDU : S/0
FEDU	Propio : S/2,872.65
Propio	Otros : S/0

Tingo María, Perú, Noviembre 2023


Miriam Príncipe Quispe
Tesisista


Dra. Ordoñez Gómez, Susana Elizabeth
Asesor


Ing. Reátegui Díaz, Darlym
Asesor

DEDICATORIA

A Dios:

Por brindarme vida, salud y sabiduría necesaria para enfrentar cualquier desafío que se presentara y darme la fuerza necesaria durante la carrera profesional.

A mi padre:

El ángel que siempre cuida y guía mis pasos .

A mi madre y hermana:

Por su apoyo, consejos y formación que me brindaron, por enseñarme a actuar siempre con valores

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres por su apoyo, esfuerzo, guía durante las etapas de mi vida
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por darme la oportunidad de formarme como profesional.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a los docentes por brindar sus conocimientos y consejos necesarios para mi desempeño profesional.
- A mis asesores Dra. Ordoñez Gómez, Susana Elizabeth y Ing. Reátegui Díaz, Darlym, agradezco por el respaldo, tolerancia y dedicación que han demostrado durante mi proceso de desarrollo profesional.
- A los miembros del jurado, Ing. Eduardo Alejandro Cáceres Almenara, M.Sc. Raida Lourdes Matos Bustamante y Dr Roberto Davila Trujillo agradezco por su apoyo, confianza, disposición y aporte durante la investigación desarrollada.
- A la A la Ing. Aurelia Isabel León Arévalo, técnico Yacha Melgarejo Celedonio y Ariza Jean Carlos agradezco el respaldo, conocimiento y amistad brindado durante la ejecución de mi tesis.
- A mi hermana Nila por su apoyo, motivación en mi estudio.
- A mis amigas Marvi, Jaira por su amistad, apoyo y motivación durante mi etapa universitaria.
- A Webster por su apoyo y motivación durante la ejecución de tesis
- A todas aquellas personas que me han acompañado en este camino de aprendizaje y comparten mi éxito como el suyo propio.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Aspectos generales de los cítricos.....	3
2.1.1. Producción de cítricos en el Perú	3
2.1.2. Mandarina cleopatra	3
2.1.3. Naranja valencia	4
2.1.4. Partes del cítrico	5
2.1.5. Valorización de la cáscara de cítrico	6
2.1.6. Micronutrientes y compuestos bioactivos de la cáscara de cítricos	7
2.2. Aspectos generales fenoles totales y antioxidantes	8
2.2.1. Fenoles totales	8
2.2.2. Radicales libres.....	8
2.2.3 Antioxidante	9
2.3. Generalidades de la galleta	10
2.3.1. Definición	10
2.3.2. Historia	11
2.3.3. Ingredientes y sus funciones.....	11
2.3.4. Clasificación de la galleta.....	12
2.4. Aspectos generales de los lípidos	13
2.4.1. Definición	13
2.4.2. Clasificación de los lípidos.....	13
2.4.3. Rancidez y estabilidad oxidativa.....	14
2.4.4 Etapas de la autooxidación	15
2.4.5. Métodos de medición de la oxidación lipídica	15
2.5. Evaluación sensorial	16
2.5.1. Definición	16
2.5.2. Clasificación de las pruebas sensoriales.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Lugar de ejecución.....	18
3.2. Materia prima.....	18
3.3. Equipos, materiales de laboratorio y reactivos	19
3.3.1. Equipos de laboratorio y/o proceso	19

3.3.2. Materiales de laboratorio	19
3.3.3. Reactivos y solventes	19
3.4. Métodos de análisis	19
3.5. Metodología experimental	20
3.5.1. Preparación de las cáscaras de los cítricos	20
3.5.2. Preparación del extracto hidroalcohólico	21
3.5.3. Cuantificación de fenoles totales y capacidad antioxidante en cáscaras de mandarina cleopatra y naranja valencia	21
3.5.4. Formulación y proceso de elaboración de las galletas	24
3.5.5. Evaluación de la estabilidad oxidativa de las galletas con cáscaras blanqueada de mandarina cleopatra y naranja valencia almacenadas a 60°C	25
3.5.6. Evaluación sensorial de las galletas con cáscaras blanqueada de mandarina cleopatra y naranja valencia almacenadas a 60°C	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Cuantificación de fenoles totales y capacidad antioxidante en cáscaras de mandarina cleopatra y naranja valencia.....	29
4.1.1 Fenoles totales	29
4.1.2. Capacidad antioxidante	30
4.2. Evaluación de la estabilidad oxidativa de las galletas con cáscaras blanqueada de mandarina cleopatra y naranja valencia almacenadas a 60°C	32
4.2.1. Acidez titulable	32
4.2.2. Índice de peróxido.....	35
4.2.3. Valor del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA):.....	37
V. CONCLUSIÓN	43
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXO	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Soluciones de trabajo para el análisis DPPH en cáscaras	22
2. Soluciones de trabajo para el análisis ABTS en cáscaras.....	23
3. Formulación para la elaboración de galletas.	24
4. Fenoles totales y capacidad antioxidante en cáscaras de mandarina y naranja.....	30
5. Acidez titulable de galletas con cáscaras blanqueadas de mandarina y naranja	33
6. Índice de peróxido de galletas con cáscaras blanqueadas de mandarina y naranja.....	36
7. Valor de TBA en galletas con cáscaras blanqueadas de mandarina y naranja	39
8. Resultados del atributo sabor durante el almacenamiento de galletas a 60 °C.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Partes de un fruto cítrico (Flavedo, albedo, pulpa y semillas).	6
2. (a) Cáscara de mandarina cleopatra. (b) Cáscaras de naranja valencia	18
3. Diseño experimental para cuantificar fenoles y capacidad antioxidante en las cáscaras.	20
4. Flujograma para la elaboración de galletas con cáscaras blanqueadas de cítricos	25
5. Diseño experimental de la evaluación de la estabilidad oxidativa de las galletas.....	26
6. Diseño experimental de la evaluación sensorial de las galletas.	28
7. Comportamiento de la acidez en galletas almacenadas a 60 °C.....	33
8. Comportamiento del índice de peróxido en galletas almacenadas a 60 °C.....	36
9. Comportamiento del TBA en galletas almacenadas a 60 °C por 24 días	39
10. Comportamiento del atributo sabor en galletas almacenadas a 60 °C por 15días.....	41

I. INTRODUCCIÓN

Los cítricos son la fruta más cultivada en el mundo, el género *citrus* lo conforman muchas especies y variedades, éstas crecen a nivel mundial en zonas tropicales, incluyendo a la región Huánuco en el Perú. La producción mundial de cítricos ha ido en aumento en las últimas décadas, según datos de la FAO, la producción mundial de cítricos en 2021 alcanzó los 102 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 4% respecto al año anterior, generando una cantidad de casi la mitad de producción por año de desperdicios, esto crea un interés en la utilización de este desperdicio para reducir los riesgos de contaminación y darles un valor a las empresas que utilizan a los cítricos como materia prima (Cabel et al., 2022). La industria de los cítricos produce grandes cantidades de desechos sólidos/semisólidos como cáscaras, pulpa y semillas durante el procesamiento. Representan aproximadamente el 50% del peso de la fruta (Singh et al., 2021). Las cáscaras de los cítricos son una fuente rica en compuestos antioxidantes, principalmente fenoles y flavonoides, estos compuestos son metabolitos secundarios que se producen en las plantas como parte de su defensa frente al estrés oxidativo y otros factores ambientales., por lo que se les considera potentes antioxidantes, es por ello que se considera que la cáscara de cítricos es una buena alternativa para ser un usado en la elaboración de nuevos productos alimentarios (Mayhwire et al., 2019).

La galleta es un producto alimenticio de consumo común en muchos países, siendo los niños los principales consumidores, en Perú el consumo per cápita alcanza los 7,0 kg por año (Apolinario et al., 2021), por otro lado las galletas altas en grasas (25-30%) son un tipo de galleta que se elabora con una cantidad de grasa, como mantequilla, margarina, manteca o aceite vegetal, la grasa es necesaria para ayudar a que las galletas sean suaves, húmedas, también contribuyen en su sabor y textura, este contenido graso es advertido en su mayoría por los octógonos ubicado en la etiqueta de las galletas, por ello es necesario la adición de un antioxidante que ayude a contrarrestar la peroxidación lipídica, por lo que la industria galletera adiciona antioxidantes de fuente sintético para poder conservarse y comercializarse (Tolentino-Mayo et al., 2020). El uso de antioxidantes sintéticos en la industria alimentaria es un tema de controversia en cuanto a su seguridad y efectos a largo plazo sobre la salud, existen estudios que afirman que el consumo de antioxidantes sintéticos está asociado al aumento de incidencia de cáncer y enfermedades raras, esto genera una preocupación en la salud de los consumidores que cada vez son más los que buscan alternativas naturales para incorporar en la ingesta diaria y que puedan beneficiar a la salud, lo cual ha promovido la aparición en el mercado de una amplia gama de productos naturales (Heredia-Castro et al., 2022).

En la actualidad se busca antioxidantes naturales, que puedan sustituir aditivos sintéticos tales como Hidroxianisol Butilado (BHA) y Hidroxitolueno Butilado (BHT); es importante resaltar que la cáscara de los cítricos contienen flavonoides que es una fuente natural de antioxidante, pudiendo utilizarse como un antioxidante beneficiando los procesos de conservación de los alimentos, cabe indicar que la mandarina cleopatra y naranja valencia son producidas en nuestra región, siendo la naranja la más conocida y consumida, mientras la mandarina no está muy valorada y reconocida por la población a pesar de tener mayor concentración de compuestos bioactivos que la naranja (Mite et al., 2022). Por todo lo planteado se estableció los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar la capacidad antioxidante en cáscaras de *Citrus x reshni* (mandarina cleopatra) y *Citrus sinensis* (naranja valencia) y su aplicación como antioxidante natural en galletas.

Objetivos específicos

- Cuantificar fenoles totales y capacidad antioxidante en las cáscaras de mandarina cleopatra y naranja valencia.
- Evaluar la estabilidad oxidativa y sensorial de las galletas con sustitución de cáscara de cítricos

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos generales de los cítricos

Los cítricos son un grupo de frutas que pertenecen a la familia Rutaceae y se caracterizan por su sabor ácido y refrescante, es considerado un género cosmopolita, estas frutas son ampliamente cultivadas en todo el mundo, especialmente en regiones cálidas y subtropicales. Los frutos pertenecientes a este género son muy consumidos, no solo por el consumo de sus frutos, sino también por sus propiedades curativas. Generalmente fructifican solo una vez al año, sin embargo, existe variedades que producen durante todo el año favoreciendo la economía de los agricultores (Ojito et al., 2012). En la actualidad, los cítricos están siendo objeto de numerosos estudios debido a su importancia como fuente de compuestos bioactivos como vitaminas, carotenoides, fibra y compuestos fenólicos, tal como mencionan (Castro-Vázquez et al., 2015).

2.1.1. Producción de cítricos en el Perú

La producción de cítricos en el Perú ha ido en aumento en los últimos años, convirtiéndose en uno de los principales productos agrícolas del país; según datos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, (2020) se produjeron aproximadamente 553,000 toneladas de naranjas en el Perú, lo que representa un aumento del 17% en comparación con el año anterior. Los cítricos son cultivados en varias regiones, pero las principales zonas productoras se encuentran en la costa de Ica y Lima, debido a que el clima es más favorable para su crecimiento, otras regiones donde se cultivan los cítricos son Junín, Puno, San Martín, Huánuco y La Libertad (Agurto 2021). En el Perú se producen naranjas, mandarinas y tangelos, sin embargo, la variedad más cultivada es la naranja Valencia (Bello-Amez et al., 2022). La mayor parte de la producción de naranjas en el Perú se destina al mercado interno, aunque también se exporta a países como Estados Unidos, Canadá, España y Holanda; estas exportaciones han ido en aumento, gracias a la calidad de los productos y a la implementación de medidas para mejorar la sanidad y la inocuidad de los mismos (Romero et al., 2020).

2.1.2. Mandarina cleopatra

La mandarina Cleopatra, también conocida científicamente como *Citrus reshni*, es una variedad de mandarina que se cultiva principalmente para ser usado como portainjerto para otros cítricos (Orduz-Rodriguez et al., 2012). Es originaria de la India y se introdujo en Egipto en la época de los Ptolomeos, de ahí su nombre "Cleopatra" Es considerado

uno de los patrones de injertos más utilizado en la agricultura por su resistencia a sequías y a suelos salinos, debido a que induce una mayor actividad antioxidante en el vástago, reduciendo el daño oxidativo y aumenta la tolerancia de la planta (Balfagón et al., 2022). Además, son tolerantes a enfermedades como el virus de la tristeza, psorosis, exocortis y cachexia). Esta variedad produce frutos pequeños de color anaranjado, tiene el diámetro ecuatorial achatado y no se consumen comúnmente debido a su sabor amargo y ácido (Monteverde et al., 2007).

➤ **Taxonomía:** Villegas (2003) clasifica a la mandarina cleopatra de la siguiente manera:

División: Magnoliophyta

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Rutaceae

Subfamilia: Aurantioidea

Género: Citrus

Especie: Citrus resnhi ex. Tanaka

Nombre común: Mandarina Cleopatra

2.1.3. Naranja valencia

Es una fruta cítrica redonda de color naranja brillante, con una pulpa jugosa y ácida que puede comerse fresca o utilizarse en jugos y otras preparaciones culinarias, contiene una gran fuente de vitamina C; es considerada una de las variedades de naranja dulce más cultivada en el mundo, tiene su origen en China, pero fue identificada en Portugal en 1865, el 85% de la producción mundial está ubicado en zonas subtropicales siendo los principales productores Brasil, Estados Unidos, India, México y China, su color varía desde verde hasta amarillo dependiendo su estado de madurez, otra característica importante es que esta variedad tiene la facilidad de producir flores todo el año (Orduz-Rodríguez et al., 2012).

➤ **Taxonomía:** Orwa et al. (2009) clasifica a la naranja de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Orden: Sapindales.

Familia: Rutáceae.

Género: Citrus

Especie: Citrus sinensis

Nombre común: naranja valencia

2.1.4. Partes del cítrico

Es de conocimiento general que todos los cítricos tienen una estructura similar (Figura 1), cada cítrico puede tener algunas variaciones en la cantidad y forma de sus partes, tal como se detalla a continuación:

➤ **Flavedo o Exocarpo**, también es conocida como la piel de la fruta, es la parte exterior que está conformado por vesículas que contienen la mayor parte de los aceites esenciales y pigmentos, también existe una cutícula externa formada por ceras y otros lípidos, Los carotenoides más destacados que se encuentran son el caroteno, la xantofila y la criptoxantina. En la cáscara fresca de la naranja, se puede encontrar un contenido de carotenos que varía entre 30 y 300 mg/kg. También se encuentran presentes pigmentos como las flavonas en una proporción de 0,08 mg/kg de la cáscara fresca. (Falder, 2003). Los componentes de los aceites esenciales son fracciones volátiles, principalmente terpenos, compuestos hidrogenados y fenólicos. Estos líquidos volátiles no se disuelven en agua, pero sí en compuestos orgánicos como alcoholes, éter y aceites vegetales. (Rueda et al., 2007). El aceite esencial de la naranja se compone mayoritariamente del terpeno d-limoneno, que representa el 95% del total, aunque no aporta aroma. Un 4% está compuesto por una fracción oxigenada altamente aromática, mientras que el resto de los compuestos son fenólicos. (Ulloa, 2012).

➤ **Albedo o Mesocarpio**, es la capa blanca y esponjoso que se encuentra debajo del flavedo, está compuesto principalmente por agua, sustancias pécticas, celulosa, lignina, glucósidos, azúcares como la glucosa, la fructosa y la sacarosa, además contiene ácidos orgánicos como el ácido oxálico, ácido málico y el ácido cítrico (Ulloa, 2012). El albedo es importante para la fruta, ya que actúa como una barrera protectora contra enfermedades, daños externos y también ayuda a mantener la humedad dentro de la fruta. A sí mismo, la pulpa y el flavedo, generalmente no es comestible debido a su sabor amargo y textura fibrosa, pero el albedo se utiliza en la producción de algunos productos alimenticios como la pectina que una sustancia gelificante utilizada en la producción de mermeladas, jaleas y en la elaboración de algunos productos farmacéuticos y cosméticos (Cerón-Salazar y Cardona-Alzate 2011).

➤ **Pulpa**, se refiere a la parte carnosa y jugosa que se encuentra en el interior de las frutas cítricas, como naranjas, limones, pomelos, mandarinas, limas, entre otras. La pulpa de los cítricos es rica en vitaminas, especialmente vitamina C, así como en otros nutrientes como fibra y antioxidantes, se utiliza comúnmente para hacer jugos, mermeladas, postres y otros productos alimenticios, en la industria cosmética y el cuidado personal, ya que se ha demostrado que tiene propiedades hidratantes y antioxidantes para la piel (Espinoza-Zamora et al., 2019).

➤ **Semillas** tienen una cubierta dura lignocelulósica y contienen altas concentraciones de fenoles que actúan como germicida natural, bactericida, fungicida, virucida y antioxidante (Lodoño-Lodoño et al., 2015).

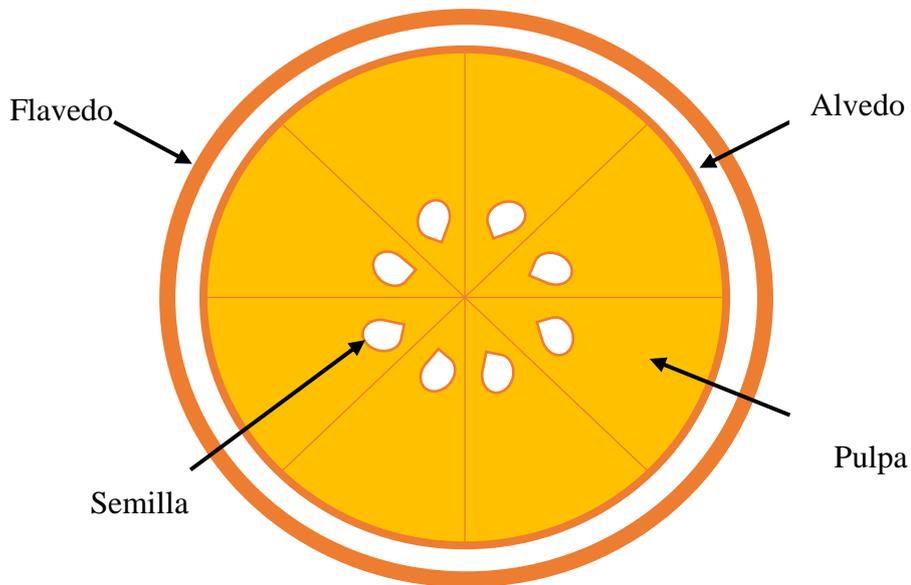


Figura 1. Partes de un fruto cítrico (Flavedo, albedo, pulpa y semillas).

2.1.5. Valorización de la cáscara de cítrico

La valorización de la cáscara de cítricos es un tema importante debido a la cantidad de residuos que se generan en la industria de procesamiento de frutas cítricas y su potencial impacto ambiental (Yepes et al 2008). Desde tiempos pasados la industria de cítricos ha venido en desarrollo, en consecuencia, esto ha traído un incremento gradual de los residuos, representados principalmente en cáscara y semillas, que en la actualidad asciende a 15 millones de toneladas por año aproximadamente, según estudios la cáscara de los cítricos es un recurso valioso que tiene un gran potencial en una variedad de aplicaciones gracias a que contiene una variedad de compuestos valiosos, incluyendo pectina, aceites esenciales, flavonoides, carotenoides y fibras. Sin embargo, su uso y manejo adecuados son importantes para maximizar su valor y minimizar su impacto ambiental (Marín et al., 2007). A continuación, se presentan algunas formas en las que la cáscara de naranja puede ser valorizada:

➤ **Producción de aceites esenciales:** La cáscara de naranja es rica en aceites esenciales, que se pueden extraer mediante destilación. Estos aceites se utilizan en la industria de perfumes, cosméticos, alimentos y bebidas.

- **Producción de pectina:** La pectina es un polisacárido que se encuentra en la cáscara de naranja y que se utiliza como espesante y gelificante en la industria alimentaria. La cáscara de naranja se puede procesar para obtener pectina de alta calidad.
- **Producción de alimentos funcionales:** La cáscara de naranja es rica en compuestos bioactivos, como los flavonoides y los carotenoides, que tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Estos compuestos se pueden utilizar para producir alimentos funcionales, como barras de cereal, bebidas y suplementos dietéticos.
- **Producción de bioplásticos:** La cáscara de naranja se puede utilizar como materia prima para la producción de bioplásticos, que son una alternativa sostenible a los plásticos convencionales.
- **Producción de biocombustibles:** La cáscara de naranja se puede utilizar como materia prima para la fabricación de biocombustibles, como el biogás y el bioetanol.

En resumen, la cáscara de naranja es un subproducto con un alto potencial de valorización en diferentes industrias, la cáscara de cítricos no solo puede generar beneficios económicos, sino que también puede contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la reducción de residuos (Bedoya et al., 2021).

2.1.6. Micronutrientes y compuestos bioactivos de la cáscara de cítricos

Los micronutrientes son nutrientes esenciales que el cuerpo necesita en pequeñas cantidades para mantener la salud y el funcionamiento normal del cuerpo, estos incluyen vitaminas y minerales. Por otro lado, los compuestos bioactivos son compuestos químicos que se encuentran en los alimentos y que pueden tener efectos beneficiosos para la salud, pero no son necesarios para el funcionamiento normal del cuerpo. Ulloa (2012) menciona que los principales micronutrientes presentes en la cáscara de los cítricos son el calcio, magnesio, zinc, ácido ascórbico. Así mismo Wong-Paz et al. (2020) indican que la cáscara de los cítricos contiene varios compuestos bioactivos que tienen beneficios para la salud, algunos de ellos son: **Flavonoides**, son compuestos antioxidantes que protegen el cuerpo contra el daño oxidativo causado por los radicales libres, los cítricos contienen flavonoides como la hesperidina, la naringenina y la rutina, que se encuentran en mayor cantidad en la cáscara y la pulpa blanca; **limoneno**, es un compuesto terpénico que se encuentra en grandes cantidades en la cáscara de los cítricos y se utiliza en la industria de alimentos, cosméticos y fragancias, tiene propiedades anticancerígenas y antiinflamatorias, **polimetoxiflavonas**, son compuestos bioactivos que se encuentran en la cáscara de los cítricos y que tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Se ha demostrado que las polimetoxiflavonas tienen efectos beneficiosos

en la prevención y el tratamiento del cáncer, las enfermedades cardiovasculares y el envejecimiento.

2.2. Aspectos generales fenoles totales y antioxidantes

2.2.1. Fenoles totales

Los compuestos fenólicos son moléculas con uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático, se consideran importantes antioxidantes y se encuentran en frutas, verduras, raíces, granos, etc., los compuestos polifenólicos son producto del metabolismo secundario de las plantas, contribuyendo a su pigmentación, proveyendo resistencia a patógenos y predadores por la síntesis de fitoalexinas o incrementando su astringencia, haciendo a la planta de mal sabor a sus predadores; protegiendo a los cultivos de las plagas, entre otros, se tienen identificado más de 8000 estructuras fenólicas (Quiñones et al., 2012). Acosta (2019) clasifica a los fenoles en cuatro grupos principales:

- **Flavonoides:** son los polifenoles más abundantes en la dieta y se encuentran en frutas, verduras, té, vino y cacao, esta categoría incluye subclases como flavonoles, flavonas, flavanonas, antocianinas e isoflavonas. Entre los flavonoides más conocidos se encuentra la quercetina, que se encuentra en alimentos como manzanas, cebollas y té verde, y se ha demostrado que tiene propiedades antitumorales y antiinflamatorias
- **Ácidos fenólicos:** se encuentran en frutas, verduras, granos enteros y té, y se dividen en dos subcategorías: ácidos hidroxicinámicos (cafeico y ferúlico) y ácidos hidroxibenzoicos (ácido gálico y el ácido elágico).
- **Estilbenos:** se encuentran en la piel de las uvas, las nueces y vino tinto.
- **Lignanós:** se encuentran en semillas, nueces y granos enteros.

Cada subclase de polifenoles tiene diferentes propiedades y beneficios para la salud, y se ha demostrado que tienen efectos antioxidantes, antiinflamatorios y antitumorales. Es importante incluir una variedad de alimentos ricos en polifenoles en la dieta para obtener sus beneficios para la salud (Dihigo et al., 2008).

2.2.2. Radicales libres

Los radicales libres son moléculas o átomos que tienen un electrón desapareado en su capa exterior y, por lo tanto, son muy inestables y altamente reactivos. Esta propiedad de los radicales libres los hace muy propensos a reaccionar con otras moléculas en el entorno, en un intento de robar un electrón y alcanzar la estabilidad. Los radicales libres se forman cuando los átomos o moléculas pierden o ganan electrones de manera desequilibrada,

lo que provoca una carga eléctrica desequilibrada y una alta reactividad química (Pham-Huy et al., 2008). Esto puede ocurrir de varias maneras, incluyendo:

- **Radiación ionizante:** la exposición a rayos X, rayos gamma o radiación ultravioleta puede ionizar moléculas en el cuerpo, lo que significa que se pierden electrones. Esto puede crear radicales libres.
- **Reacciones químicas:** las reacciones químicas que involucran oxígeno, como la respiración celular, pueden producir radicales libres como subproductos. También se sabe que ciertos productos químicos y contaminantes ambientales pueden crear radicales libres.
- **Estrés oxidativo:** cuando hay un desequilibrio entre la producción de radicales libres y la capacidad del cuerpo para neutralizarlos, se produce estrés oxidativo. Esto puede ocurrir por una variedad de razones, incluyendo el envejecimiento, la exposición a contaminantes ambientales, una dieta pobre y el consumo excesivo de alcohol.

En resumen, la formación de radicales libres es un proceso que no se puede evitar y ocurre en el cuerpo y en el medio ambiente, pero también puede ser causada por factores externos como la radiación y la exposición a productos químicos tóxicos (Hernández et al., 2019).

2.2.3 Antioxidante

Son sustancias que tienen la capacidad de proteger a las células de los radicales libres, actualmente los antioxidantes están generando gran interés en el campo de la salud y en la industria de alimentos ya que existe abundante evidencia que asocia el consumo de antioxidantes como factor protector ante enfermedades, por otro lado, los antioxidantes cumplen un rol importante en la preservación de los alimentos ya que actúan como conservantes, prolongando su vida útil (Vivanco et al., 2021). Algunos ejemplos de antioxidantes incluyen la vitamina C, la vitamina E, el betacaroteno, el selenio y los polifenoles, estos antioxidantes se encuentran en muchos alimentos, como frutas, verduras, nueces, semillas y granos enteros, además los antioxidantes se han asociado con una serie de beneficios para la salud, incluyendo la prevención del daño celular, la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardíacas, la protección contra el envejecimiento y la mejora del sistema inmunológico (León et al., 2018). Actúan resguardando a las células del daño causado por los radicales libres, que son moléculas inestables y altamente reactivas que pueden dañar las células y contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas, los antioxidantes funcionan neutralizando los radicales libres al donarles un electrón, lo que estabiliza la molécula y reduce su capacidad para dañar las células, se pueden encontrar en muchos alimentos, como

frutas y verduras, nueces y semillas, así como en suplementos alimenticios. (Villanueva et al., 2017). Los antioxidantes pueden ser:

- **Antioxidantes sintéticos:** son sustancias químicas que se agregan a los alimentos procesados y a otros productos para prevenir la oxidación y el deterioro. Estos compuestos no se encuentran naturalmente en los alimentos. Algunos ejemplos comunes de antioxidantes sintéticos incluyen entre los fenólicos a el BHA (butilhidroxianisol), el BHT (butilhidroxitolueno), el TBHQ (tert-butilhidroquinona) y algunos gálicos como el propilo de galato (PG), el dodecil galato (DG) y el galato de octilo (OG) (Grudner, 2019). Aunque los antioxidantes sintéticos pueden ser efectivos para prolongar la vida útil de los alimentos y otros productos, hay preocupaciones sobre sus efectos a largo plazo, algunos estudios han sugerido que el consumo excesivo de antioxidantes sintéticos puede estar asociado con problemas de salud como el cáncer y la enfermedad cardíaca, por lo tanto, se recomienda limitar el consumo de alimentos procesados que contengan antioxidantes sintéticos y optar por opciones más saludables y naturales, como frutas y verduras frescas, además, se recomienda leer las etiquetas de los productos cuidadosamente para identificar los antioxidantes sintéticos y evitar su consumo en exceso (Carbajal-Sánchez et al., 2021)
- **Antioxidantes naturales:** son aquellos que se encuentran en alimentos y plantas y que tienen propiedades antioxidantes. Algunos de los antioxidantes naturales más comunes incluyen: vitamina C, vitamina E, carotenoides, fenoles, flavonoides, entre otros, es importante tener en cuenta que los alimentos ricos en antioxidantes naturales son beneficiosos para la salud en general y que consumir una variedad de alimentos ricos en antioxidantes puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Bisbal et al., 2020).

2.3. Generalidades de la galleta

2.3.1. Definición

Es un producto alimenticio resultado del amasado y horneado de la masa preparada con harina de trigo, se caracteriza por su consistencia relativamente dura y crujiente (INDECOPI 1992). Las galletas están catalogadas como uno de los productos de mayor consumo en niños y actualmente tienen gran interés comercial por su alta demanda y vida útil, además está muy difundido en todos los sectores económicos sociales, por lo tanto, es un medio para introducir nuevas formulaciones con aporte nutricional en los grupos de bajos recursos (Ortega et al., 2016).

2.3.2. Historia

La historia de la galleta se remonta a la antigüedad, cuando los egipcios y los persas ya horneaban panes planos y duros que se parecían mucho a las galletas modernas. Estas galletas eran muy útiles para los viajeros y soldados, ya que se conservaban bien durante mucho tiempo sin estropearse. En la Edad Media, las galletas se popularizaron en Europa, especialmente entre los marineros, que las llevaban en sus viajes largos en el mar como una forma práctica de alimentación. Las galletas se convirtieron en un alimento común en todo el mundo, y cada cultura desarrolló sus propias versiones. A finales del siglo XVIII, el proceso de producción de galletas se volvió más industrializado, y las galletas se convirtieron en un alimento económico y accesible para las masas. En el siglo XIX, los panaderos comenzaron a agregar ingredientes como la mantequilla y el azúcar a las galletas para hacerlas más sabrosas. En la actualidad, existen una gran variedad de galletas en el mercado, desde galletas simples y crujientes hasta galletas rellenas y cubiertas con chocolate. Las galletas se han convertido en un alimento popular en todo el mundo, y se consumen en todo tipo de situaciones, desde un snack rápido hasta un postre sofisticado en un restaurante de alta cocina (Hoyos et al., 2020).

2.3.3. Ingredientes y sus funciones

Embuena (2015) indica que los ingredientes básicos de la galleta son: **Harina:** La harina es el ingrediente mayoritario de las galletas, es la base de la masa de galleta y proporciona la estructura y la textura; **agua:** el agua cumple una función fundamental en la masa de galleta, ya que su presencia es necesaria para hidratar las proteínas del gluten presentes en la harina de trigo. Cuando se hidratan, estas proteínas se alinean, se orientan y se despliegan parcialmente, lo que permite la formación de una red proteica tridimensional viscoelástica que proporciona estructura y soporte a la masa. Además, el agua también se une a los gránulos de almidón rotos, lo que contribuye a la formación de la textura deseada en las galletas. En resumen, el agua es esencial para lograr la consistencia adecuada y la textura deseada en la masa de galleta; **azúcar:** Los azúcares cumplen varias funciones importantes en la elaboración de galletas. Primero, proporcionan dulzor y sabor a las galletas. Además, los azúcares también ayudan a que las galletas se doren durante el horneado al caramelizar, lo que les da un color dorado y un sabor distintivo. Otra función de los azúcares en la masa de galletas es proporcionar estructura y textura, ya que ayudan a retener la humedad en la masa y a mantenerla suave y tierna. Los azúcares también pueden actuar como agentes de ablandamiento en la masa, lo que hace que las galletas sean más suaves y masticables. Por último, los azúcares también pueden actuar como conservantes naturales en la masa de galletas, ya que reducen la actividad del agua

y restringen el crecimiento microbiano; **mantequilla o grasa**: Las grasas desempeñan varias funciones importantes en la elaboración de galletas. En primer lugar, actúan como agentes ablandadores, lo que ayuda a que las galletas tengan una textura suave y tierna. Además, las grasas también aportan sabor y aroma a las galletas (Pareyt et al., 2009). Otra función de las grasas en la masa de galletas es proporcionar estructura y estabilidad, lo que ayuda a que las galletas mantengan su forma y no se desmoronen. Las grasas también pueden actuar como agentes de lubricación, lo que facilita el proceso de amasado y ayuda a que la masa sea más manejable.

Por último, las grasas también pueden contribuir a la conservación de las galletas al reducir la actividad del agua y, por lo tanto, prevenir el crecimiento microbiano. Las grasas también pueden ayudar a mantener la frescura y la calidad de las galletas durante un período de tiempo más largo (Salinas y Romero 2011); **huevos**: ayudan a unir la masa y proporcionan humedad y estructura; **polvo para hornear o bicarbonato de sodio**: actúa como regulador de la acidez en la panadería, lo que significa que puede ayudar a neutralizar la acidez natural de algunos ingredientes, como la levadura o el suero de leche, también actúa como esponjante (ayuda a que la masa de galleta se eleve y se expanda mientras se hornea; **sal**: realza el sabor de los demás ingredientes y ayuda a equilibrar la dulzura.

Además de los ingredientes básicos, hay otros ingredientes opcionales que se pueden agregar a la masa de galleta para variar su sabor o textura, como chocolate, frutos secos, frutas secas, canela, vainilla, entre otros (Hoyos et al., 2020).

2.3.4. Clasificación de la galleta

Sangronis et al. (2006) menciona que existen diferentes formas de clasificar las galletas por su contenido graso, pero una posible manera de hacerlo sería la siguiente:

- **Galletas sin grasa añadida**: estas galletas no contienen ninguna fuente adicional, como aceites, mantequilla o margarina. En general, suelen tener un contenido graso muy bajo, aunque esto puede depender de los ingredientes utilizados en su elaboración.
- **Galletas bajas en grasas**: estas galletas contienen una cantidad reducida de grasa en comparación con otras variedades. Para lograrlo, utilícese ingredientes con menos grasas, como harinas integrales, claras de huevo, frutas secas o leche desnatada.
- **Galletas estándar**: estas galletas tienen un contenido graso moderado, que puede oscilar entre el 10% y el 25% en función de la receta utilizada. Suelen estar elaborados con harina, azúcar, mantequilla o aceites vegetales, y pueden incluir otros ingredientes como huevos, chocolate, frutos secos, etc.

➤ **Galletas altas en grasas:** estas galletas tienen un contenido graso elevado, que puede superar el 25% en algunos casos. Suelen contener cantidades significativas de mantequilla, aceites vegetales o grasas saturadas, y pueden incluir ingredientes adicionales como chocolate, frutos secos o caramelos.

Es importante tener en cuenta que estas clasificaciones son generales y que el contenido graso de las galletas puede variar mucho en función de la marca, el tipo de galleta y los ingredientes utilizados en su elaboración. Además, conviene recordar que el consumo excesivo de grasas puede contribuir al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y otros problemas de salud, por lo que conviene moderar su ingesta.

2.4. Aspectos generales de los lípidos

2.4.1. Definición

Los lípidos son un grupo de moléculas orgánicas insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como el alcohol y éter. Son esenciales para la vida, ya que desempeñan diversas funciones en el organismo, son denominadas grasas en su estado sólido y aceites en su forma líquidos a temperatura ambiente (Cabezas-Zábala et al., 2016)

2.4.2. Clasificación de los lípidos

Hoyos y Rosales (2014) clasifican a los lípidos más importantes en:

➤ **Ácidos grasos:** son cadenas hidrocarbonadas de distintas longitudes, con un grupo carboxilo en su extremo y que pueden ser saturados como insaturados, por otro lado, son constituyentes tanto de los triglicéridos, lípidos complejos o pueden hallarse en forma libre, además pueden esterificar el colesterol. **Los ácidos grasos saturados** son aquellos que tienen enlaces químicos simples entre los átomos de carbono en su cadena molecular y están "saturados" de hidrógeno. Estos ácidos grasos se encuentran principalmente en alimentos de origen animal, como la carne, el queso, la mantequilla y la leche entera. Consumir una cantidad excesiva de ácidos grasos saturados se ha asociado con un mayor riesgo de enfermedades cardíacas, debido a que pueden aumentar los niveles de colesterol LDL (conocido como "colesterol malo") en la sangre (Peterson et al., 2004). **Los ácidos grasos insaturados** tienen uno o más enlaces dobles en su cadena molecular y, por lo tanto, no están completamente saturados de hidrógeno. Se dividen en dos tipos principales: monoinsaturados y poliinsaturados. Los ácidos grasos monoinsaturados se encuentran en alimentos como el aceite de oliva, los aguacates y las nueces, mientras que los ácidos grasos poliinsaturados se encuentran en alimentos como los pescados grasos, las semillas y los frutos secos. Los ácidos grasos que tienen un doble enlace en su estructura son denominados monoinsaturados, mientras que los de doble enlace o más se les

denomina poliinsaturados. Es importante tener un equilibrio adecuado entre los ácidos grasos saturados e insaturados en la dieta, y se recomienda limitar la ingesta de ácidos grasos saturados y aumentar la ingesta de ácidos grasos insaturados para mejorar la salud cardiovascular y general (Vázquez-Jiménez et al., 2017).

- **Triacilgliceroles:** Siendo mayoritarios en la dieta, son compuestos formados por tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol, de modo que, por hidrólisis se obtiene glicerol y ácidos grasos, la cantidad de energía producida equivale a 9 Kcal/g.
- **Lípidos complejos:** Los lípidos complejos son una clase de moléculas de lípidos que incluyen fosfolípidos, glucolípidos y esfingolípidos. Estos lípidos son esenciales para la estructura y función de las membranas celulares y se encuentran en todas las células vivas, los fosfolípidos son los lípidos complejos más comunes y están compuestos por una cabeza polar (hidrofílica) y una cola no polar (hidrofóbica)
- **Otros lípidos:** Este grupo incluye hormonas esteroides, vitaminas liposolubles A, D, E, K y esteroides (colesterol, esteroides vegetales, fitoesteroides) que tienen funciones reguladoras y se derivan de ácidos grasos esenciales.

2.4.3. Rancidez y estabilidad oxidativa

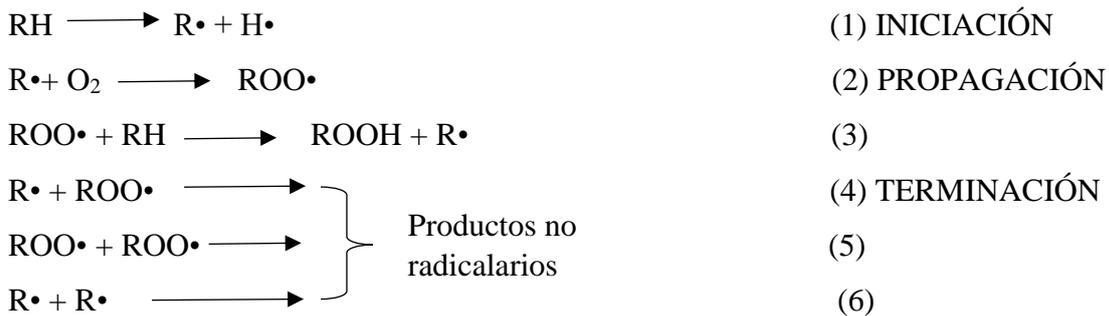
La rancidez oxidativa es un proceso químico en el que los lípidos (grasas) se descomponen debido a la exposición al oxígeno. Este proceso puede ocurrir en alimentos que contienen grasas, como aceites, nueces, semillas y productos horneados que contienen mantequilla o aceites vegetales. La autooxidación es un proceso complejo que involucra las etapas de iniciación, propagación y final. En la fase de iniciación desaparecen los sustratos oxidativos, pero en la proliferación aparecen productos oxidativos como los peróxidos e hidroperóxidos (Santamaria et al., 2020). Para prevenir la rancidez oxidativa, se pueden tomar medidas como almacenar los alimentos en lugares frescos y oscuros, utilizar antioxidantes naturales como el tocoferol (vitamina E) en la formulación de alimentos y envasar los alimentos en envases herméticos con atmósferas modificadas para limitar la exposición al oxígeno. (Rojano y Gaviria, 2008).

La estabilidad oxidativa se refiere a la capacidad de un compuesto o material para resistir la oxidación, es decir, la reacción química en la que un compuesto pierde electrones. La oxidación puede ser causada por diversos factores, como la exposición a la luz, el calor, el oxígeno y otros agentes oxidantes (López et al., 2013). En términos de alimentos y aceites, la estabilidad oxidativa es importante para prevenir la rancidez y el deterioro del producto. Los alimentos y aceites que son altamente susceptibles a la oxidación pueden

desarrollar un sabor y olor rancio, y perder sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud.

2.4.4 Etapas de la autooxidación

En la etapa de **iniciación** (1), el radical lipídico, $R\cdot$ se forma a partir del lípido (RH), comúnmente por el ataque de radicales, calor, irradiaciones, luz o por trazas de metales. En la **propagación** (2), el radical lipídico formado reacciona velozmente con oxígeno para dar un radical peroxilo, $ROO\cdot$; el cual ataca otra molécula de lípido y sustrae un átomo de hidrógeno para formar un hidroperóxido lipídico $ROOH$, y un nuevo radical lipídico, que inicia de nuevo la secuencia de propagación, de esta manera, diversas moléculas de lípidos pueden ser oxidadas hasta hidroperóxidos. Últimamente, las reacciones **4, 5 y 6** indican la **terminación** (3) de la reacción, cuando 2 especies de radicales se combinan para formar un producto no radical (Villanueva et al., 2017).



2.4.5. Métodos de medición de la oxidación lipídica

Contreras et al. (2006) menciona varios métodos para medir la oxidación lipídica en alimentos, algunos de los cuales se describe a continuación:

- **Índice de peróxido:** Este método se puede utilizar para medir la oxidación lipídica en alimentos. Consiste en la determinación de la cantidad de peróxidos que se han formado como resultado de la oxidación de lípidos. Este método se basa en la oxidación de los peróxidos por una solución de yodo en presencia de ácido acético y se mide la cantidad de yodo que se ha consumido. Cuanto mayor sea la cantidad de peróxidos presentes, mayor será la cantidad de yodo que se consumirá y menor será la intensidad del color resultante.
- **Índice de anisidina:** Este método mide la cantidad de compuestos que contienen grupos cromóforos formados durante la oxidación del lípido. Se utiliza una solución de anisidina en ácido acético que se añade al lípido oxidado, se puede medir espectrofotométricamente.

- **Índice de TBA (ácido tiobarbitúrico):** El método TBA (ácido tiobarbitúrico) es un método comúnmente utilizado para medir la oxidación de lípidos en alimentos y otros productos biológicos. Este método se basa en la medición de la cantidad de aldehídos de cadena corta que se producen durante la oxidación de los lípidos. Estos aldehídos reaccionan con el ácido tiobarbitúrico para formar un complejo coloreado que se puede medir espectrofotométricamente (Sepúlveda et al., 2003)
- **Consumo de oxígeno:** Este método mide la cantidad de oxígeno consumido durante la oxidación de los lípidos en una muestra. Se puede llevar a cabo mediante la medición directa de la cantidad de oxígeno consumido con un analizador de oxígeno.

2.5. Evaluación sensorial

2.5.1. Definición

La evaluación sensorial es un proceso científico utilizado para evaluar las características de un producto a través de los sentidos, como el gusto, el olfato, la vista, el tacto y el oído. Se utiliza para medir la calidad, la aceptabilidad, la preferencia y la identidad de los productos alimentarios, cosméticos, farmacéuticos y otros (Stone y Sidel 2004). Es una ciencia que tiene sus orígenes en 1940 del siglo XX, fue una solución a la falta de sistematización, métodos y estándares que existía al evaluar los alimentos de esa época. Antes de llegar la revolución industrial, el criterio de evaluación de las características que debería tener un alimento se basaba principalmente en el gusto y preferencias del consumidor, en esa época, el estudio de los alimentos se basaba en que fueran fisicoquímicamente estables (no modificaran su aspecto ni otros atributos) y que fueran inocuos (no causarían daño a la salud). A medida que la industria crecía y aparecían más productos en el mercado, se empezó a observar que se requería de métodos para poder concluir si el alimento es apto para el consumo. Es así como inicia el impulso de las metodologías sensoriales basadas en la capacidad de los individuos de utilizar sus sentidos (González-Martín et al., 2011).

2.5.2. Clasificación de las pruebas sensoriales

Olivas-Gastélum et al. (2009) menciona que los principales tipos de evaluación sensorial son:

- **Pruebas de diferencias:** Estas pruebas se utilizan para determinar si hay una diferencia significativa entre dos o más productos. Se puede hacer una prueba de diferencia de dos muestras (en la que se presentan dos muestras y se pide al panel que identifique la muestra

diferente) o una prueba triangular (en la que se presentan tres muestras, dos de ellas iguales y una diferente).

- **Pruebas descriptivas:** Estas pruebas se utilizan para describir las características sensoriales de los productos de manera objetiva y cuantitativa. Los paneles de evaluación entrenados describen y califican los productos utilizando un lenguaje estandarizado. Las pruebas descriptivas incluyen perfiles sensoriales y análisis de textura.
- **Pruebas hedónicas:** Estas pruebas se utilizan para evaluar la aceptabilidad y preferencia de los productos, los consumidores o un panel entrenado prueban los productos y luego responden preguntas sobre su preferencia, sabor, aroma, textura, etc.
- **Pruebas de elección forzada:** Estas pruebas se utilizan para determinar la preferencia de los consumidores por dos o más productos. Los consumidores o un panel entrenado prueban los productos y luego se les pide que elijan su producto favorito entre varias opciones.
- **Pruebas de ordenamiento:** Estas pruebas se utilizan para ordenar las muestras por alguna característica, como intensidad de sabor o aroma.
- **Pruebas de umbral:** Estas pruebas se utilizan para determinar la concentración más baja de un compuesto que puede ser detectado por el panel.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Análisis de alimentos, Tecnología Cárnicas, y en el Laboratorio Central de Investigación (LCI) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) ubicada en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco; a una altitud de 660 m.s.n.m. a 09° 17'08" de Latitud Sur, a 75° 59'52" de Latitud Oeste, posee un clima tropical húmedo, con una humedad relativa media de 84%, presión atmosférica de 702,34 mmHg, su precipitación pluvial en promedio anual está en 2300 mm y la temperatura varía de 26 a 28°C.

3.2. Materia prima

La mandarina cleopatra (*Citrus reshni*) (Figura 2 a) y naranja valencia (*Citrus sinensis*) (Figura 2 b), fueron recolectados en el distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco; las parcelas donde se cosechó los frutos están ubicados con las coordenadas geográficas 09° 16' 53" latitud sur y 76° 00' 32" longitud oeste a una altitud de 641 m.s.n.m. La mandarina y la naranja fueron cosechadas y transportadas en un cajón de madera para evitar golpes físicos durante su traslado al laboratorio.

La margarina que se utilizó fue adquirida de la distribuidora Cadensa de la ciudad de Tingo María, ubicado en la cuadra 3 de la avenida Tito Jaime.

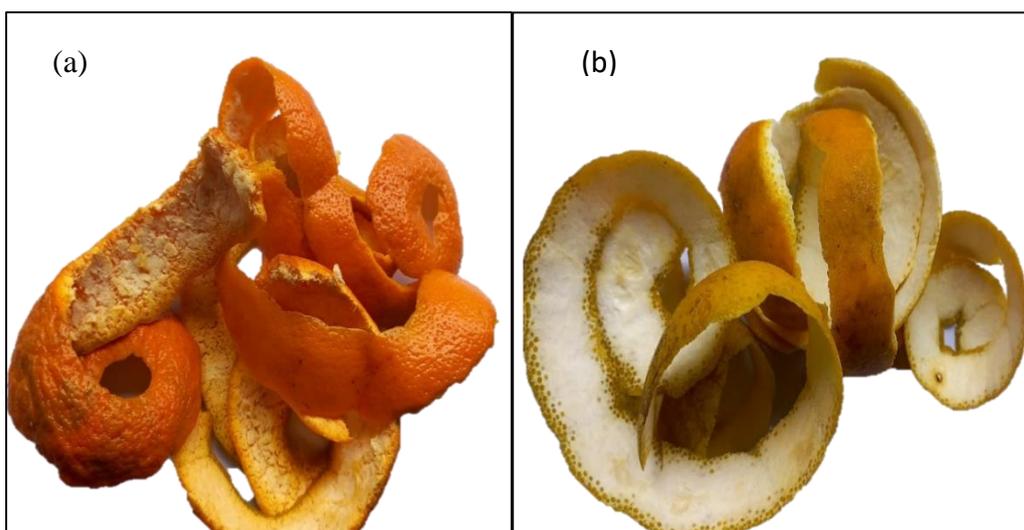


Figura 2. (a) Cáscara de mandarina cleopatra. (b) Cáscaras de naranja valencia

3.3. Equipos, materiales de laboratorio y reactivos

3.3.1. Equipos de laboratorio y/o proceso

Estufa marca MMM Group, modelo EC 222 ECO, Alemania; balanza analítica marca RADWAG modelo AS 220.R2, Polonia; agitador orbital marca SCIOLOGEX modelo SCI-O330-Pro, Alemania; centrifuga modelo MIKRO 22R, EE. UU; molinillo marca BOSCH, Eslovenia; selladora eléctrica marca GASTROMAQ, modelo PFS-200, Perú; Espectrofotómetro Thermo Fisher Scientific, modelo Genesys 150, USA; horno rotativo NOVA MAX 1000, Perú.

3.3.2. Materiales de laboratorio

Vasos precipitados marca Pyrex de 50, 100 y 500 mL; matraces de Erlenmeyer marca Pyrex de 25 y 50 mL; matraz de kitasato marca Pyrex de 500 mL; pipetas graduadas de 5 y 10 mL; fioles marca Pyrex de 10, 25, 50 mL; frascos ámbar de 100 mL; tubos para centrifuga eppendorf; micropipetas de 0 – 10, 10 – 100, 20 – 200 y 100 – 1000 μ L; cubetas de poliestireno (1 x 1 x 4,5 cm); tubos falcón 15 mL; microtubos (1,5 – 2 mL); gradillas; placas petri; papel filtro Whatman N° 40; mortero y pilón; recipientes; espátulas; envases de plástico, bolsas de plástico y láminas papel aluminio.

3.3.3. Reactivos y solventes

Metanol grado HPLC pureza 96%, Puriquim Reagent, Alemania; ácido gálico ($C_7H_6O_5 \cdot H_2O$), grado HPLC pureza 99,0%, sigma®, Reino Unido; Folin & Ciocalteu's, 2,0 N Merck, Alemania; carbonato de sodio (Na_2CO_3) 7,5%; DPPH pureza 96%, Sigma®, Alemania; ABTS Sigma- Aldrich; persulfato de Potasio ($K_2S_2O_8$) Sigma Chemical; agua destilada (H_2O); n-Hexano, pureza 99% Merck, Germany; ácido acético glacial Merck Germany pureza 99,9%; Yoduro de potasio Fisher Chemicals; Cloroformo Merck Germany pureza 99,8%; Tiosulfato de sodio 0,1N Química Panreac; Almidón soluble al 1%. Merck; Acido 2- tiobarbiturico (TBA) Merck, Germany.

3.4. Métodos de análisis

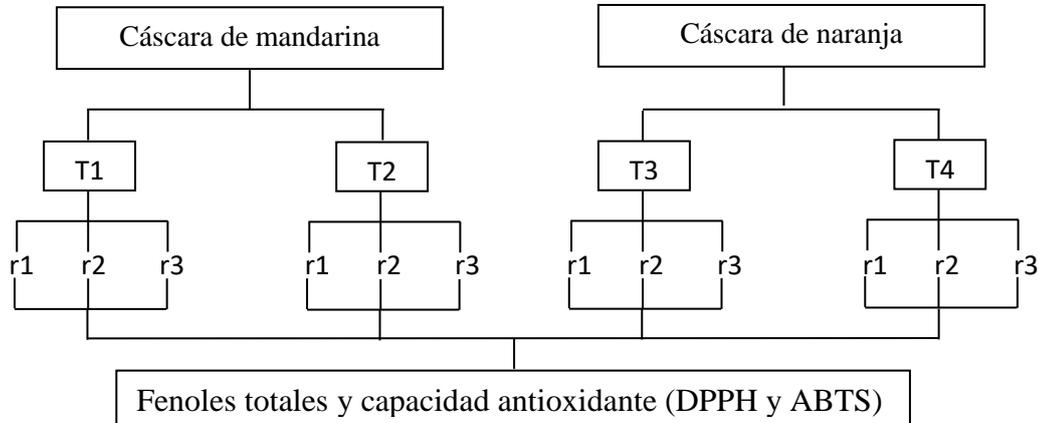
- Cuantificación de fenoles totales por Folin Ciocalteu et al. (1927), descrito por Sultana et al., 2009 y Ordoñez et al., 2018.
- Capacidad antioxidante (DPPH) por Ordoñez et al., (2018). Capacidad antioxidante (ABTS^{o+}) por Re et al., 1999.
- Determinación de la acidez titulable por Pearson et al. (1999).

- Determinación de índice de peróxido por Pearson et al., (1999).
- Determinación del valor de ácido tiobarbitúrico (TBA) por Pearson et al., (1986).

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Preparación de las cáscaras de los cítricos

Las cáscaras de mandarina y naranja se obtuvieron a partir del pelado manual de los frutos, estas fueron cortadas en tamaños de 0,5 x 0,5 cm. La cáscara de mandarina y naranja se dividió en dos partes (Figura 3), la primera no tuvo tratamiento (T1); la otra parte fue blanqueada a 90°C por 5 minutos (T2), transcurrido el tiempo fueron escurridas, enfriada con agua a 20°C por 3 minutos y oreadas por 20 min; este proceso fue similar para la naranja, la muestra sin tratar se denominó (T3) y la muestra que fue blanqueada se denominó (T4). La deshidratación se realizó en estufa a 60 °C (Ordoñez et al., 2018), posteriormente ambas muestras fueron molidas hasta una finura de 500 µm (tamiz N° 35) y guardadas en envases de vidrio recubierto con papel aluminio, almacenadas a temperatura ambiente, hasta su posterior uso.



Donde:

T1 = Cáscara de mandarina con tratamiento de blanqueado.

T2 = Cáscara de mandarina sin tratamiento de blanqueado.

T3 = Cáscara de naranja con tratamiento de blanqueado.

T4 = Cáscara de naranja sin tratamiento de blanqueado.

Figura 3. Diseño experimental para cuantificar fenoles y capacidad antioxidante en las cáscaras.

3.5.2. Preparación del extracto hidroalcohólico

Para la preparación de los extractos se pesó 1 g de muestra de las cáscaras ya molidas y se maceró por 24 horas en oscuridad con 20 mL de la solución hidroalcohólica (80:20 metanol:agua) obteniéndose una concentración de 50 mg/mL. (Ramful et al., 2010). Se filtró con papel Whatman N°40 y centrifugó a 11200 g por 10 minutos a 4 °C, el sobrenadante se almacenó en refrigeración hasta su posterior análisis (Ordoñez et al., 2018).

3.5.3. Cuantificación de fenoles totales y capacidad antioxidante en cáscaras de mandarina cleopatra y naranja valencia

➤ Análisis de fenoles totales

- **Determinación de la curva estándar:** se empezó preparando una solución stock de 10mL de ácido gálico a una concentración de 2 mg/mL a partir de ello se hicieron las diluciones que estuvieron comprendidas entre 10 a 100 µg/mL. Para el blanco en una cubeta se agregó 100 µL de agua destilada, y en los otros cinco microtubos se agregó 100 µL de las diferentes concentraciones de ácido gálico (10, 25, 50, 75 y 100 µg/mL), luego se adicionó 500 µL de solución Folin Ciocalteu, se incubó por 8 min a temperatura ambiente; se neutralizó la reacción agregando 400 µL de Na₂CO₃ al 7,5% y se incubó por 2 h en ambiente para su completar la reacción. Transcurrido el tiempo se procedió a leer las absorbancias en el espectrofotómetro UV/VIS a 740 nm, con los resultados (Anexo I-a) se graficó la curva concentración vs absorbancia (Anexo I-b), se determinó la ecuación y el coeficiente de correlación ($r = 0,9992$).

- **Análisis de las muestras:** Para este análisis se partió del extracto hidroalcohólico de las muestras, a partir de ello se realizó la dilución de trabajo 1:10, para la reacción se tomó por triplicado 100 µL del extracto diluido y se adicionó 500 µL de fenol folin ciocalteu, se dejó reposar por 8 minutos en oscuridad, luego se añadió 400 µL de Na₂CO₃ al 7,5%, dejando reposar por 2 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se realizó la lectura en el espectrofotómetro UV/VIS a 740 nm, obteniendo las absorbancias de cada muestra frente al blanco, con estos datos se reemplazó en la ecuación de la curva estándar, y fueron expresados en g EAG/100 g de muestra seca (g EAG/100 g MS). Las absorbancias obtenidas fueron reemplazadas en la ecuación de la curva estándar.

➤ Capacidad antioxidante

- **Inhibición del radical libre 1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH):** Para determinar el coeficiente de inhibición (IC₅₀) del radical DPPH se preparó 10mL de solución stock de 1Mm DPPH en etanol al 99% de pureza, se agitó hasta su completa homogenización y se almacenó a

4°C protegido de la luz, a partir de esta solución stock se preparó 50 mL de DPPH a 100 µM en etanol al 99 %. Del extracto hidroalcohólico (50 mg/mL) se preparó las soluciones de trabajo (1-3 mg/mL) como se detalla en la Tabla 1, para la reacción se adicionó 100 µL de solución de trabajo en una cubeta de poliestireno y 900 µL de solución DPPH a 100 µM, se realizó la lectura en un espectrofotómetro de UV-VIS a 515 nm con intervalos de 30 segundos por un tiempo de 10 minutos, con los valores de las absorbancias se determinó el porcentaje de inhibición usando la siguiente ecuación

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = \left[\frac{\text{AbsControl} - \text{AbsMuestra}}{\text{AbsControl}} \right] \times 100 \dots\dots\dots (\text{Ec. 1})$$

Donde: Abs Control: Absorbancia del control. Abs Muestra: Absorbancia de la muestra en 10 minutos

A partir del porcentaje de inhibición se calculó el IC₅₀ (mg/mL), para ellos se graficaron los valores del porcentaje de inhibición en función a la concentración para cada extracto, se obtuvo la ecuación lineal y se calculó la media efectiva (IC₅₀) que nos indica la concentración de muestra necesaria para inhibir el 50% del radical DPPH.

Tabla 1. Soluciones de trabajo para el análisis DPPH en cáscara.

Solución de trabajo (mg/mL)	Mandarina		Naranja		Etanol (µL)	Volumen final (µL)
	SB	B	SB	B		
	(50mg/mL)	(50mg/mL)	(50mg/mL)	(50mg/mL)		
1	20	20	20	20	980	1000
1,5	30	30	30	30	970	1000
2	40	40	40	40	960	1000
2,5	50	50	50	50	950	1000
3	60	60	60	60	940	1000

SB = Sin blanqueado, B= Blanqueado

Inhibición del radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS^{o+}):

Para formar el radical ABTS se hizo reaccionar al ABTS (7mM) con persulfato potásico 2,45 mM, luego fue incubado a temperatura ambiente y a oscuridad durante 16h. Una vez formado el radical ABTS se diluyó con etanol hasta obtener un valor entre 0,7 a 1,2 de absorbancia a

734 nm. Para la inhibición del radical ABTS en las dos muestras se hizo diluciones de los extractos (0,1– 0,3 mg/mL) detallada en la Tabla 2, se tomó 100 µL de la solución y se hizo reaccionar con 900 µL de radical ABTS por 10 min en un ambiente oscuro para luego realizar las lecturas de la disminución de la absorbancia en el espectrofotómetro. Se determinó el porcentaje de inhibición con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Inhibición ABTS }^{o+} = \left[\frac{\text{AbsControl} - \text{AbsMuestra}}{\text{AbsControl}} \right] \times 100 \dots\dots\dots (\text{Ec. 2})$$

Donde: Abs Control: Absorbancia del control. Abs Muestra: Absorbancia de la muestra en 10 min

Usando el porcentaje de inhibición, calculamos la IC50 (mg/ml), trazamos el porcentaje de inhibición en función de la concentración de cada extracto obtenido y con la ecuación obtenida de la gráfica obtenemos la concentración media efectiva (IC50).

Tabla 2. Soluciones de trabajo para el análisis ABTS en cáscaras

Solución de trabajo (mg/mL)	Mandarina		Naranja		Etanol (µL)	Volumen final (µL)
	SB (50mg/mL)	B (50mg/mL)	SB (50mg/mL)	B (50mg/mL)		
	(µL)	(µL)	(µL)	(µL)		
0,1	2	2	2	2	998	1000
0,15	3	3	3	3	997	1000
0,20	4	4	4	4	996	1000
0,25	5	5	5	5	995	1000
0,30	6	6	6	6	994	1000

Los resultados de fenoles totales, inhibición del radical DPPH y ABTS fueron examinados mediante el diseño completamente al azar (DCA) y en los niveles donde exista diferencia estadística se aplicó la prueba de Tukey $p < 0,05$, se utilizó el programa SAS versión 0,9 (español).

De los 4 tratamientos se escogió la cáscara que presentó mayor contenido de fenoles y mejor capacidad antioxidante de cada variedad de cítrico, para ser utilizadas como antioxidante natural en la elaboración de galletas.

3.5.4. Formulación y proceso de elaboración de las galletas

La formulación para la elaboración de las galletas se detalla en la Tabla 3 donde el tratamiento sin adición de ningún antioxidante- control (T0), con la adición de un antioxidante sintético BHT al 0,02% (T1), con sustitución de harina de cáscara de mandarina blanqueado como antioxidante natural al 6% (T2), 12% (T3), y 16% (T4) y para la cáscara de naranja valencia blanqueado al 6 % (T5), 12% (T6) y 16% (T7).

Tabla 3. Formulación para la elaboración de galletas.

Materias primas e insumos	Formulaciones %							
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Harina de trigo	46,5	46,48	40,5	36,5	31,5	40,5	36,5	31,5
Margarina	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Leche en polvo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Azúcar	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Sal común	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Bicarbonato de sodio	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Agua de mesa	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cáscaras de cítricos	0,00	0,00	6,00	12,00	16,00	6,00	12,00	16,00
BHT	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

El proceso de elaboración de las galletas fue realizado en base a la formulación ya descrita y las etapas se muestra en la Figura 4, el proceso se inicia con el **mezclado** de los ingredientes secos: harina de trigo, polvo de las cáscaras blanqueadas de mandarina cleopatra o naranja valencia, azúcar rubia, leche en polvo, sal, bicarbonato de sodio y se adiciona la manteca mezclando poco a poco hasta lograr el punto arena o avena. Para el **amasado** se adicionó el agua, se fue amasando hasta obtener una masa elástica, solo para el (T1) el BHT fue diluido en agua. El **laminado** fue realizado con un rodillo extendiendo la masa hasta un espesor de 2 mm y el **cortado** fue con un disco circular de 60 mm de diámetro. Para el **horneado** previamente se engrasó las bandejas y se colocaron las galletas en filas de 5 por 8 y fueron horneadas a 150 °C/25 minutos. El **enfriado** fue a temperatura ambiente por 30 minutos. Se **envasó** en bolsas de polietileno de 10 x 15 cm previamente codificadas, por cada tratamiento se puso 15 unidades.

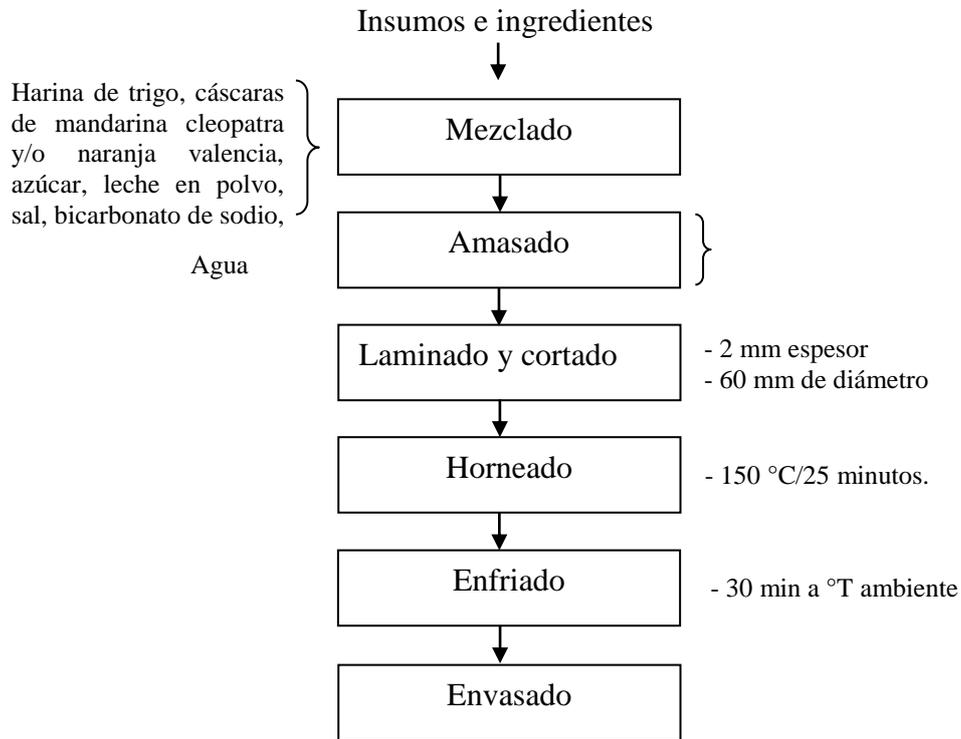
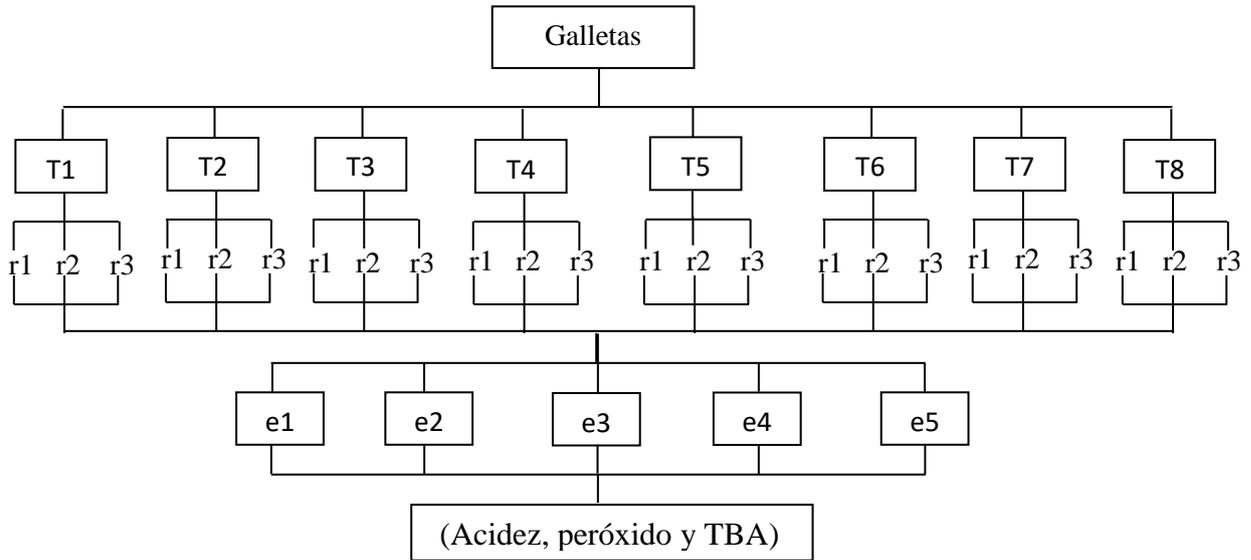


Figura 4. Flujograma para la elaboración de galletas con cáscaras blanqueadas de cítricos

3.5.5. Evaluación de la estabilidad oxidativa de las galletas con cáscaras blanqueada de mandarina cleopatra y naranja valencia almacenadas a 60°C

Todos los tratamientos fueron almacenados en estufa a temperatura de 60 °C/24 días, tal como se muestra en la Figura 5. Los análisis para evaluar la estabilidad oxidativa de las galletas fueron acidez titulable, índice de peróxido y valor de TBA, los mismos que fueron realizados periódicamente en los días 0, 6, 12, 18 y 24.



Donde:

T0 = galleta control

T1 =galleta con BHT

T2= galleta con 6% de cáscara de mandarina

T3= galleta con 12% de cáscara de mandarina

T4= galleta con 16% cáscara de mandarina

T5= galleta con 6% de cáscara de naranja

T6= galleta con 12% de cáscara de naranja

T7= galleta con 16% de cáscara de naranja

e1= 0 días; e2= 6 días; e3= 12 días e4= 18 días e5= 24 días

Figura 5. Diseño experimental de la evaluación de la estabilidad oxidativa de las galletas.

➤ **Acidez titulable:** Se pesó 20 g de galleta de cada tratamiento, fue triturado en un mortero, luego llevado a un matraz donde se adicionó 50 mL de etanol neutralizado, se agitó lentamente por 5 min, se añadió de dos a tres gotas de fenolftaleína, titulándose con solución de NaOH 0,1N, hasta un viraje de color rosa claro, el gasto (G) fue remplazado en la ecuación (3) y el resultado del porcentaje (%) de acidez fue expresado en ácido láctico.

$$\% \text{Acidez} = \frac{(G \text{ NaOH} * N \text{ NaOH} * \text{Meq} * 100)}{\text{Peso de muestra}} \dots\dots\dots(\text{Ec. 3})$$

Donde Meq = 0,09 Miliequivalente del ácido láctico

➤ **Determinación del índice de peróxido:** Se tomaron 50 g de galletas molidas de cada tratamiento, se colocó en un matraz de Erlenmeyer, fue macerado por 30 minutos con hexano, se filtró y fue sometido a un rotavapor para eliminar el hexano por evaporación. Se pesó 5 g de grasa obtenida, se añadió 30 mL de la solución cloroformo-ácido acético (3:2 v/v), se agitó para disolver la muestra, adicionando 0,5 mL de solución de yoduro de potasio por un tiempo de 1 minuto, luego se añadió 30 mL de agua destilada y 0,5 mL del indicador de almidón. La solución fue titulada con tiosulfato de sodio 0,1 N hasta que desaparezca casi en su totalidad la coloración marrón, el gasto fue reconocido como (V₀), paralelamente se trabajó con un blanco, siguiendo los mismos pasos con la diferencia que no llevó muestra, el gasto de la titulación es considerado como (B). El resultado fue expresado en miliequivalente de oxígeno/Kilogramo de grasa (Meq O₂/Kg). El valor de peróxido se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{miliequivalentes O}_2}{\text{Kg muestra}} = \frac{(V_0 - B) \times N \times 1000}{\text{peso de muestra en (g)}} \dots\dots\dots(\text{Ec. 4})$$

➤ **Determinación del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA):** Para este análisis se tomó 10 g de muestra de galleta triturada de cada tratamiento y se mezcló con 50 mL de agua destilada agitándolo por unos minutos y se pasa a un matraz de destilación adicionando 47,5 mL de agua destilada. Seguidamente se agregó 2,5 mL de ácido clorhídrico 4 M, con algunas perlas de vidrio. El matraz se llevó a calentar en una plancha eléctrica de calor y se recolectó 50 mL del destilado. Se tomó 5 mL del destilado a un tubo de vidrio con tapón, se agregó 5 mL de la disolución de TBA (0,2883 g TBA/100 mL de ácido acético glacial al 90%) se tapó y agitó para llevarlo a ebullición durante 35 minutos donde se observa el cambio de color a rosado, se enfriaron los tubos con agua corriente por 10 minutos. Se preparó un testigo de manera similar, con 5 mL de agua destilada y 5 mL de reactivo. La lectura de la absorbancia (D) se realizó en un espectrofotómetro a 538 nm tanto en el blanco como las muestras, el valor TBA se determinó con la fórmula siguiente:

$$\text{Valor de TBA (mg malonaldehído/kg de muestra)} = 7,8 * D \dots\dots\dots(\text{Ec.5})$$

Dónde: 7,8 es el factor de extinción.

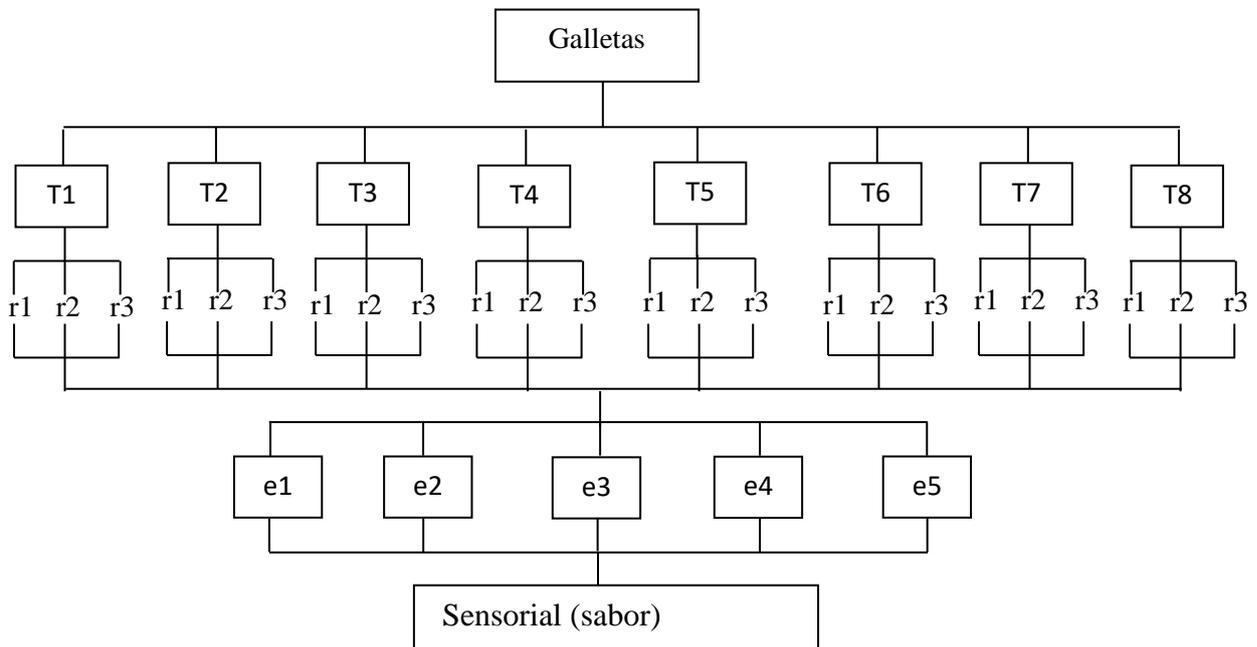
Los resultados de acidez titulable, índice de peróxido y valor de TBA fueron analizados mediante el diseño completamente al azar (DCA) y en los niveles donde exista

diferencia estadística se aplicó la prueba de Tukey $p < 0,05$, se utilizó el programa SAS versión 0,9 (español).

3.5.6. Evaluación sensorial de las galletas con cáscaras blanqueada de mandarina cleopatra y naranja valencia almacenadas a 60°C

De los 8 tratamientos, se evaluará la estabilidad sensorial del **sabor** durante 15 días, primero se realizó una distribución de las muestras mediante el bloque incompleto equilibrado descrito por Cochran y Cox (1991). Tipo II, $t=8$, $K=4$, $r=7$, $b=14$, $\lambda = 3$ y $E=86$ (Anexo II).

para ello se requerirá de 14 panelistas semi entrenados, los mismos que se le entregará una ficha de evaluación sensorial (Anexo III) con escala hedónica de 1 a 5 puntos, donde 5= sabor **fresco** asociado a galleta recién horneado; 4= sabor asociado a **cítricos**; 3= sabor asociado a **ácido**; 2= sabor a **amargo** y astringencia y 1= sabor a grasa **rancio** los días a evaluar serán los días 1, 5, 10 y 15 (**Figura 6**), los panelistas realizarán las degustaciones entre: 9:00 am a 12:00 pm, las galletas se colocaron en platos rotulados.



Donde: e1= 0 días; e2= 5 días; e3= 10 días e4= 15 días

Figura 6. Diseño experimental de la evaluación sensorial de las galletas.

Se utilizó el análisis no paramétrico kruskal wallis mediante el programa InfoStat versión libre 2011.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cuantificación de fenoles totales y capacidad antioxidante en cáscaras de mandarina cleopatra y naranja valencia

4.1.1 Fenoles totales

Los fenoles son compuestos de mayor presencia en alimentos de origen vegetal Cortez et al. (2018). De los resultados de fenoles totales según el análisis estadístico podemos apreciar que existe diferencia estadística significativa (Anexo IV), realizando la comparación de medias mediante la prueba de Tuckey ($p \leq 0,05$) presentados en la Tabla 4, el mayor contenido de fenoles lo presentó la cáscara de mandarina cleopatra blanqueada $2,96 \pm 0,06$ g EAG/100 g y la menor cantidad correspondió a la naranja valencia sin blanquear $1,810 \pm 0,023$ g EAG/100 g, el rango reportado concuerda con Liew et al. (2018) que en su estudio de fenoles totales de 45 cáscaras de cítricos obtuvo valores entre 12,08 y 38,24 mg GAE/g. Es importante indicar que el blanqueado es el tratamiento térmico por el cual se inactiva las enzimas responsables de las reacciones de deterioro como la peroxidasa y polifenol oxidasa (Sapkota y sherpa, 2018); al respecto Safarzadeh (2021) menciona que el blanqueado con agua caliente en las hojas de olivo, como pre-tratamiento térmico, tiene un potencial para mejorar la extracción de fenoles ya que permite eliminar la oleuropeína que está presente ocho veces más que en hojas no blanqueadas. Así mismo, en su trabajo de investigación Singh et al. (2020) afirma que la temperatura es un factor que influye positivamente en los niveles de compuestos fenólicos para cáscaras de cítricos ya que el calor ayuda a liberar los compuestos fenólicos unidos a las paredes celulares de la fruta por enlaces éster y glucosídicos.

En la misma Tabla podemos apreciar que el contenido mayoritario de fenoles correspondió a la cáscara de mandarina cleopatra comparado a la cáscara de naranja valencia, la cantidad encontrada fue superior a lo reportado por Ordoñez et al. (2018) para mandarina (*Citrus reshni*) $2,19 \pm 0,04$ g EAG/100g y para naranja (*Citrus sinensis*) $1,40 \pm 0,04$ g EAG/100g; caso contrario fue reportado por Rincón et al. (2005) para mandarina (*Citrus reticulata*) $76,4 \pm 0,81$ g EAG/kg y para naranja (*Citrus sinensis*) $43,3 \pm 0,39$ g EAG/kg. La cáscara de mandarina cleopatra tiene más fenoles que la naranja valencia, Romero-Condori et al. (2020), menciona que la mandarina cleopatra produce frutos de alta calidad, además es muy utilizada en agricultura como patrón para injerto, debido a su adaptación a suelos arcillosos y salinos con tolerancia a enfermedades ,así mismo Singh et al. (2020) nos dice que la cáscara de los cítricos es una fuente rica en fenoles como son los ácidos fenólicos, flavanonas, flavanoles

y flavonas y también está presente en su composición las flavonas polimetoxiladas que rara vez se encuentran en otras plantas, así mismo Vargas et al. (2018) y Wong-Paz et al. (2020) indican que las cáscaras son fuentes de compuestos bioactivos, lo cual permite ser aprovechados en la industria de los alimentos ya que es una fuente abundante de polifenoles (ácidos fenólicos, flavanonas, flavanoles y flavonas).

Tabla 4. Fenoles totales y capacidad antioxidante en cáscaras de mandarina y naranja

Cáscara			Fenoles totales	DPPH	ABTS
			(g EAG/100g)	IC ₅₀ (mg/mL).	IC ₅₀ (mg/mL).
Mandarina Cleopatra	SB	T1	2,61±0,02 ^b	2,18±0,02 ^b	0,22±0,01 ^a
	B	T2	2,96±0,06 ^a	1,84±0,05 ^c	0,18±0,01 ^b
Naranja Valencia	SB	T3	1,81±0,02 ^c	2,87±0,06 ^a	0,23±0,004 ^a
	B	T4	2,48±0,01 ^b	2,08±0,08 ^{bc}	0,19±0,01 ^b

Los valores representan (promedio ± SEM), con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$). SB = Sin blanqueado, B= Blanqueado

4.1.2. Capacidad antioxidante

➤ Inhibición del radical libre 1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

Según los resultados del análisis de DPPH como prueba *in vitro* se puede apreciar que existe diferencia estadística significativa (Anexo V) y mediante la prueba de tukey ($p \leq 0,05$) (Tabla 4), las cáscaras con tratamiento de blanqueado (90°C x 5 minutos) presentaron mayor capacidad antioxidante en ambas variedades de cítricos, para mandarina cleopatra 1,84±0,05 mg/mL, y para naranja valencia 2,08±0,08 mg/mL, Mite et al. (2022) afirman que, según el parámetro un menor IC₅₀, indica una mayor capacidad de eliminación de radicales libres. Arriola et al. (2022) en su trabajo de investigación sobre el efecto del blanqueado en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos concluye que el mejor parámetro fue 90°C x 3 min, Esparza-Martinez et al. (2016) en su trabajo de investigación sobre el efecto de la temperatura en los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en residuos de mandarina (*Citrus reticulata* Satsuma) experimentó que al aplicar calor los taninos condensados aumentaron al triple e igual comportamiento lo tuvo los flavonoides totales; así mismo, Marcucci et al. (2021) menciona que los taninos y flavonoides actúan como antioxidantes.

Entre las dos variedades de cáscaras la que tuvo mayor capacidad para inhibir el radical DPPH correspondió a la mandarina cleopatra, Zhang et al. (2018) menciona que la capacidad antioxidante varía dependiendo de la variedad del cítrico. Nagy et al. (2018) indican que en la cáscara de la mandarina Cleopatra existe metabolitos secundarios siendo el limoneno (93,6 %)

el componente mayoritario seguido de mirceno (1,7 %), sabineno (1,1 %) y linalol, y es el patrón de injerto más utilizado actualmente (Pérez-Macias et al., 2022). La capacidad antioxidante de la mandarina cleopatra sin blanqueado fue $1,84 \pm 0,02$ mg/mL, este valor fue menos eficiente frente al radical comparado a lo reportado por Suhartomi et al. (2019) IC_{50} 934,03 μ g/mL en cáscara de mandarina cleopatra; por otro lado, Singh et al. (2020) reportó frente al radical DDPH IC_{50} 1,3 mg/mL y 2,1 mg/mL para mandarina satsuma (*Citrus unshiu*) y toronja (*Citrus paraíso*). La muestra con menor eficiencia fue la cáscara de naranja valencia sin blanquear, con IC_{50} $2,87 \pm 0,06$ mg/mL, siendo similar a lo publicado por Ghasemi et al. (2009) IC_{50} 2,1 mg/mL para cáscara de naranja.

➤ **Inhibición del radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS^{o+})**

El método ABTS tiene la ventaja de medir compuestos hidrofílicos y lipofílicos (Jimenez-García et al., 2020). En la Tabla 4 se puede apreciar que los resultados de la capacidad antioxidante frente al radical ABTS según el análisis estadístico (Anexo VI) se muestran diferencia significativa realizando la comparación de las medias, la mayor capacidad para inhibir al radical fueron en las cáscaras con blanqueado de mandarina cleopatra IC_{50} $0,18 \pm 0,01$ mg/mL y naranja valencia IC_{50} $0,19 \pm 0,01$ mg/mL, este resultado de la mayor capacidad antioxidante está influenciado por el blanqueado dicho efecto es explicado por García et al. (2021) que indican que el aumento de la capacidad antioxidante después del escaldado está asociado con el ablandamiento de los tejidos, debido a que el calor degrada la pectina y se libera los compuestos antioxidantes.

La capacidad antioxidante en las muestras no blanqueadas se asemejan con lo reportado por Castro et al. (2020) quien para cáscara de mandarina cleopatra indica IC_{50} $172 \pm 3,6$ μ g/mL, además Chen et al. (2021) evaluó la capacidad antioxidante de 27 cultivares de mandarinas mediante el radical ABTS y reportó el rango de IC_{50} entre 0,067 y 0,916 mg/mL. Cabe resaltar que los tratamientos antes mencionados también tuvieron una buena capacidad para inhibir al radical DPPH, al respecto Farahmandfar et al. (2019), menciona que los compuestos fenólicos tienen relación directamente proporcional con la actividad antioxidante evaluadas con diferentes radicales. Según los resultados el efecto de blanquear o no, influye en la capacidad antioxidante esto también fue demostrado por Gutiérrez et al. (2019) y Podsedek (2007) quienes mencionan que el blanqueado influye a favor o en contra dependiendo la naturaleza de los compuestos presentes en la muestra a analizar.

De cada variedad de cítrico quien presentó mayor contenido de fenoles y mejor capacidad antioxidante fueron las cáscaras blanqueadas, mandarina cleopatra > naranja valencia, siendo los tratamientos ganadores, T2 en cáscara de mandarina cleopatra y en naranja valencia T4.

4.2. Evaluación de la estabilidad oxidativa de las galletas con cáscaras blanqueada de mandarina cleopatra y naranja valencia almacenadas a 60°C

4.2.1. Acidez titulable

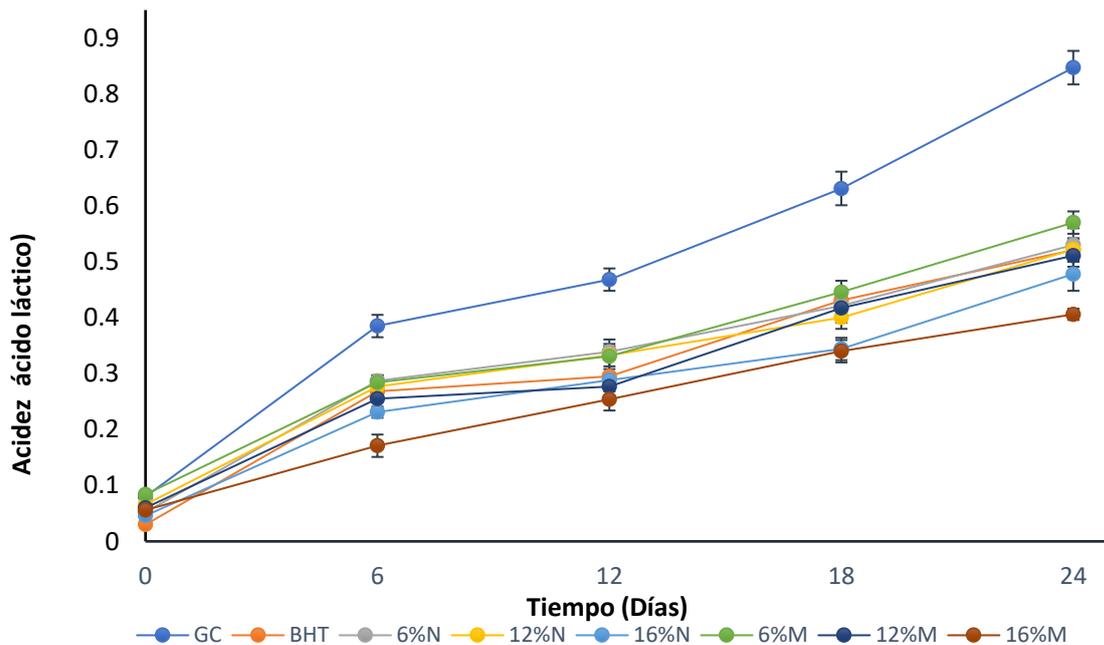
La acidez titulable mide los ácidos grasos libre (AGL) producto de la descomposición de los compuestos grasos (Arzave et al., 2016). En la Tabla 5 y Figura 7 se presenta los resultados de la acidez titulable en galletas con antioxidantes sintéticos BHT, sin y con antioxidantes naturales como cáscaras blanqueadas de mandarina y naranja almacenadas a 60°C durante 24 días; en el día cero o inicio se encontró diferencia estadística significativa (Anexo VII) y según la comparación de Tukey ($p \leq 0,05$) la mayor acidez correspondió a la galleta sin adición de antioxidante (T0) $0,08 \pm 0,01$ % (expresado en ácido láctico), las galletas que tuvieron adición de antioxidante natural entre 6 a 16 % de cáscara de mandarina (T2, T3 y T4) y de 6 a 12 % cáscara de naranja (T5 y T6) fueron estadísticamente iguales variando su acidez entre 0,04 a 0,06 % (expresado en ácido láctico) y la menor acidez fue para los tratamientos con antioxidante sintético BHT y con 16 % de cáscara de naranja (T8) teniendo ambos 0,03% (expresado en ácido láctico); la acidez reportada para el control concuerda con el reporte de Anaya et al. (2020) quienes para galletas sin sustitución parcial de la harina obtuvieron rangos de acidez entre 0,078 y 0,09 % (expresado en ácido láctico), Chavez et al. (2020) en su trabajo caracterizando galletas con sustituciones de harina concluye que la acidez titulable varía dependiendo el contenido de ácidos orgánicos que tiene la harina utilizada en la sustitución.

A los seis días de almacenamiento a 60°C se encontró diferencia estadística significativa (Anexo VIII), donde la mayor acidez la presentó la galleta que no tenía ningún antioxidante (T0) $0,39 \pm 0,02$ % (expresado en ácido láctico). Es importante resaltar que todos los tratamientos que contenían antioxidante natural y sintético superaron la exigencia de la Norma Sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA) que establece como límite máximo permisible de acidez para galletas 0,10 % (expresado en ácido láctico).

Tabla 5. Acidez titulable de galletas con cáscaras blanqueadas de mandarina y naranja

Tratamiento	Clave	Tiempo de almacenamiento (días)				
		0	6	12	18	24
Control	T0	0,05±0,01 ^{bc}	0,39±0,02 ^a	0,47±0,02 ^a	0,63±0,03 ^a	0,85±0,03 ^a
BHT	T1	0,03±0,0 ^c	0,27±0,01 ^b	0,30±0,0 ^b	0,41±0,0 ^b	0,52±0,02 ^{bc}
6%M	T2	0,06±0,0 ^b	0,28±0,01 ^b	0,33±0,03 ^b	0,44±0,02 ^b	0,57±0,02 ^b
12%M	T3	0,04±0,0 ^{bc}	0,26±0,02 ^b	0,28±0,02 ^b	0,42±0,01 ^b	0,51±0,02 ^{bc}
16%M	T4	0,04±0,0 ^{bc}	0,18±0,02 ^c	0,25±0,02 ^b	0,39±0,02 ^b	0,41±0,01 ^c
6%N	T5	0,08±0,0 ^a	0,29±0,01 ^b	0,34±0,01 ^b	0,42±0,03 ^b	0,53±0,03 ^{bc}
12%N	T6	0,05±0,01 ^{bc}	0,28±0,02 ^b	0,33±0,02 ^b	0,40±0,02 ^b	0,52±0,02 ^{bc}
16%N	T7	0,03±0,0 ^c	0,23±0,01 ^{bc}	0,29±0,02 ^b	0,41±0,02 ^b	0,48±0,03 ^{bc}

Los valores representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes subíndices de cada columna ($p \leq 0,05$ M= mandarina y N= Naranja)

**Figura 7.** Comportamiento de la acidez en galletas almacenadas a 60 °C

La que tuvo una menor acidez que superó ligeramente a la Norma fue la galleta con 16% de cáscara de mandarina (T5) 0,18±0,02 % (expresado en ácido láctico), Velásquez et al. (2022) y Fatta et al. (2015) mencionan que la cáscara de cítricos son una rica en flavonoides y es una buena opción para ser utilizado como antioxidante natural. Gurram y Sharma (2019) en su trabajo de investigación en galletas a base de trigo fortificado con polvo de cáscara de naranja

observaron este mismo fenómeno e indican que se debe a que durante el almacenamiento la grasa de la galleta entra en degradación liberando ácidos grasos libres

A los doce y dieciocho días de almacenamiento las galletas presentaron diferencia estadística significativa (Anexo IX y X), donde la mayor acidez la presentó la galleta sin antioxidante (T0) $0,47\pm 0,02$ % expresado en ácido láctico (12 días) $0,63\pm 0,03$ % expresado en ácido láctico y (18 días), las galletas a los 12 días de almacenamiento tanto con antioxidante sintético (BHT) y natural cáscaras de mandarina y naranja iguales variando entre 0,25 a 0,33 % (expresado en ácido láctico), al respecto Villanueva et al. (2017) menciona que el BHT es un antioxidante fenólico muy efectivo de origen sintético que retrasa el proceso de descomposición mediante la inhibición de la formación de radicales libres. Por otro lado, Adamu et al. (2021) indica que las galletas con sustitución de cáscara de naranja presentan bajos niveles de humedad comparados con las galletas sin sustitución, la cual favorece su estabilidad durante el almacenamiento y Elodio-Policarpo et al. (2019) indican que la formación de ácidos grasos libres puede ser ocasionada por las enzimas o por la oxidación de los compuestos grasos.

En el día veinticuatro se observa diferencia estadística significativa (Anexo XI) entre los tratamientos, logró tener la mayor acidez la galleta sin adición de antioxidante con $0,85\pm 0,03$ % y fueron estadísticamente iguales las galletas con antioxidante sintético (T1) y con adición de cáscara de mandarina al 12% (T3), con 6% (T5), 12% (T6) y 16% (T7) de cáscara de naranja variando entre $0,48\pm 0,03$ % a $0,53\pm 0,03$ % (expresado en ácido láctico), este comportamiento es fundamentado por Alvarez et al. (2004) quienes indican que gracias a los compuestos bioactivos en la cáscara de los cítricos, pueden ser sustitutos de los antioxidantes sintéticos, dado que los flavonoides presentan una alta estabilidad molecular, soportando altas temperaturas, hasta de 300°C. Por otro lado, la menor acidez se encontró en la galleta con cáscara de mandarina al 16 % (T4) $0,41\pm 0,01$ % (expresado en ácido láctico), dato importante lo menciona Romero-Condori et al. (2020) quienes afirman que las cáscaras de la mandarina cleopatra son fuente importante de flavonoides, tienen propiedades antioxidantes y antibacterianos.

El incremento de la acidez en todos los tratamientos es afectado por la temperatura de almacenamiento que fue 60°C, al respecto Baños (2021) menciona que las grasas son estables a temperatura ambiente, pero se acelera su descomposición con el incremento de temperatura, así mismo Bisbal et al. (2020) indica que para controlar estos procesos oxidativos es necesario la adición de antioxidantes hasta la concentración que aprueba la norma. Kandhro et al (2008) en su trabajo de investigación evaluando 12 marcas de galletas encontró que éstas contienen ácidos grasos saturados, ácidos grasos trans y aceite de palma parcialmente hidrogenado.

4.2.2. Índice de peróxido

El índice de peróxido (IP) es una medida de la concentración de peróxidos e hidroperóxidos formados durante las etapas iniciales de oxidación en lípidos (Elodio-Policarpo et al., 2019). En la Tabla 6 y Figura 8 se presenta los resultados del índice de peróxido en galletas patrón, con antioxidante sintético BHT y antioxidantes naturales como cáscaras blanqueadas de mandarina y naranja almacenadas a 60°C durante 24 días; en el día cero se encontró diferencia estadística significativa (Anexo XII) y según la comparación de Tukey ($p \leq 0,05$) el mayor IP correspondió a la galleta control sin adición de antioxidante (T0) $1,87 \pm 0,02$ MeqO₂/Kg; por otra parte la galleta con BHT (T1) $1,24 \pm 0,01$ MeqO₂/Kg, 12 % (T3) $1,28 \pm 0,03$ MeqO₂/Kg cáscara de mandarina y 12% de naranja (T6) $1,37 \pm 0,01$ MeqO₂/Kg fueron estadísticamente iguales y el menor IP correspondieron a las galletas con adición de cáscara de mandarina al 16% (T4) $1,23 \pm 0,04$ MeqO₂/Kg y con 16% de cáscara de naranja (T7) $1,24 \pm 0,04$ MeqO₂/Kg, Segurondo y Cortez (2020) detallan que la autooxidación es una de las reacciones inevitables de los ácidos grasos y en este proceso un hidrógeno alílico es extraído de la cadena lipídica de un ácido graso (fase de iniciación) por influencia de factores como alta temperatura, humedad y luz, generando radicales libres que actúan como iniciador de una cadena de reacciones que al entrar en contacto con el oxígeno dan lugar a compuestos (peróxidos), ante esta problemática Grudner (2019) indica que a los productos elaborados con grasas se les debe añadir antioxidantes para así detener el deterioro oxidativo, Ahmed y Eun (2018) demostraron que las cáscaras blanqueadas de los cítricos contienen compuestos bioactivos como los flavonoides otorgándoles propiedades antioxidantes.

A los seis días de almacenamiento a 60°C se encontró diferencia estadística significativa (Anexo XIII) donde el mayor índice de peróxido la presentó la galleta sin ningún antioxidante (T0) $4,21 \pm 0,02$ MeqO₂//Kg, y el menor fue para galletas con 16% de mandarina (T4) $1,03 \pm 0,04$ MeqO₂//Kg, Salinas y Romero (2011) demostraron que las galletas tienen un alto contenido de grasas saturadas como palmítico (C16:0), laurico (C12:0), mirístico (C14:0), esteárico (C18:0), araquídico (C20:0); y trazas de caprílico (C8:0), Chasquibol et al. (2020) menciona que la oxidación de los lípidos está relacionada con las condiciones de almacenamiento como la temperatura, exposición de luz y disponibilidad de oxígeno, al respecto Carbajal-Sanchez et al. (2021) recomienda utilizar antioxidantes de fuente sintético o natural para contrarrestar los procesos oxidativos durante el almacenamiento, Delgado et al. (2015) afirman que el BHT es un antioxidante sintético muy efectivo en bajas concentraciones y es el más utilizado por la industria de los alimentos, por el contrario Rojano et al. (2008) indica que el uso de los

antioxidantes sintéticos cada vez son más cuestionados por sus efectos secundarios en la salud (cáncer hepático) y recomienda el uso de antioxidantes de fuentes naturales.

Tabla 6. Índice de peróxido de galletas con cáscaras blanqueadas de mandarina y naranja

Trat.	Clave	Tiempo de almacenamiento (Días)				
		0	6	12	18	24
Control	T0	1,87±0,02 ^a	4,21±0,02 ^a	6,37±0,01 ^a	8,34±0,06 ^a	10,78±0,03 ^a
BHT	T1	1,24±0,01 ^e	3,24±0,02 ^d	5,00±0,03 ^e	6,44±0,02 ^c	7,59±0,08 ^{cd}
6%M	T2	1,71± 0,03 ^b	3,74±0,03 ^c	5,22±0,02 ^d	6,49±0,02 ^c	7,80±0,02 ^{bc}
12%M	T3	1,28±0,03 ^{cd}	3,15±0,03 ^d	5,15±0,03 ^d	6,17±0,01 ^d	7,41±0,04 ^d
16%M	T4	1,23±0,04 ^e	2,72±0,02 ^f	4,68±0,01 ^g	5,29±0,02 ^f	6,52±0,02 ^f
6%N	T5	1,69± 0,03 ^b	3,86±0,01 ^b	5,94±0,02 ^b	6,72±0,02 ^b	7,94±0,01 ^b
12%N	T6	1,37± 0,01 ^c	3,72±0,02 ^c	5,33±0,01 ^c	6,48±0,02 ^c	6,62 0,03 ^{cd}
16%N	T7	1,24± 0,02 ^e	2,98±0,02 ^e	4,88±0,02 ^f	5,78±0,02 ^e	6,77±0,01 ^e

Los valores representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes subíndices de cada columna (p ≤ 0,05)

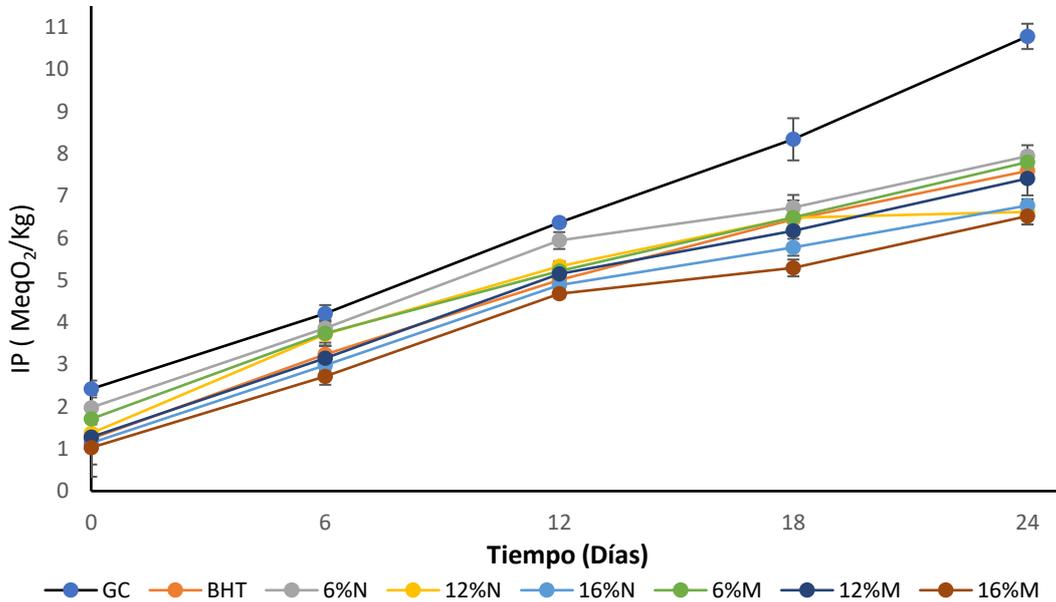


Figura 8. Comportamiento del índice de peróxido en galletas almacenadas a 60 °C

En los días doce y dieciocho de almacenamiento de las galletas hubo diferencia estadística significativa (Anexo XIV y XV), donde el mayor IP fue para la galleta control (T0) 6,37±0,01 MeqO₂/Kg (12 días) y 8,34±0,08 MeqO₂/Kg (18 días) y el menor IP lo presentó las

galletas formuladas con cáscara de mandarina al 16% (T4) con valores de $4,68 \pm 0,01$ MeqO₂/Kg y $5,29 \pm 0,02$ MeqO₂/Kg para ambos días respectivamente, este efecto de variación de IP entre una galleta control comparada con una con cáscara de cítricos también lo encontró Moreno-Rodriguez y Gonzales-Blair (2012) quienes evaluaron el índice de peróxido en galletas con extracto de cáscara cítricos almacenadas a 35°C por 20 días reportando valores de 2,5 Meq O₂/Kg mientras que en la galleta control obtuvo el valor más alto 7,0 Meq O₂/Kg, respecto a estos valores observamos que para este día el índice de peróxido superó lo establecido por la norma peruana (RM N° 1020-2010/MINSA) quien para galletas indica valores máximo de 5,0 Meq O₂/Kg; por otra parte en un estudio reciente Ramirez et al. (2022) menciona que gracias a los compuestos fenólicos presentes en las cáscaras de cítricos, tienen la capacidad de secuestrar los radicales libres y protege contra el daño oxidativo.

En el día 24 se observa diferencia estadística significativa (Anexo XVI) el menor IP correspondió a la galleta sin ningún antioxidante (T0) $10,78 \pm 0,03$ MeqO₂/Kg, Calsin et al.(2016) menciona que valores altos de IP es un indicador de degradación primaria de los ácidos grasos; y el tratamiento con menos IP fue la galleta con 16% de cáscara de mandarina (T4) $6,52 \pm 0,02$ Meq O₂/Kg, al respecto Magda et al. (2008) reportó valores de IP (10,9 MeqO₂/Kg) en galletas con cáscaras de mandarina almacenadas a 40°C por 6 meses, Mite et al. (2022) en su trabajo caracterizando cáscaras de cítricos encontró que la cáscara mandarina presenta mayores valores de compuestos bioactivos que las cáscaras de naranja, lo que indica una mayor eficiencia como antioxidante, Cartaya y Reynaldo (2001) menciona que los flavonoides presentes en la cáscara de mandarina inhiben las enzimas como la hidrolasas, liasas, transferasas, hidroxilasas y oxidoreductasas. Por todo lo mencionado la cáscara de mandarina es un potencial para ser utilizado como antioxidante natural.

Todas las galletas a condiciones aceleradas de almacenamiento sobrepasaron el límite máximo de índice de peróxido a los 12 días con excepción de las tratadas con cáscara de cítricos al 16% actuaron mejor que el antioxidante sintético BHT.

4.2.3. Valor del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA):

El TBA se utiliza para medir la cantidad de malonaldehído (MDA), que es un compuesto producto de la oxidación secundaria de los lípidos Swastike et al. (2021). En la Tabla 7 y Figura 9 se presenta los resultados del valor de TBA en las galletas con y sin antioxidantes almacenadas a 60°C durante 24 días; en el día cero hubo diferencia estadística significativa (Anexo XVII) y según la comparación de Tukey ($p \leq 0,05$) el mayor valor de TBA fue para la galleta control (T0) 0,98 mg malonaldehído/Kg, caso contrario lo presentó la galleta

con BHT (T1) $0,66\pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg y 12%N (T6) $0,68\pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg que fueron estadísticamente iguales y el menor valor de TBA lo obtuvieron las galletas con 16%M (T4) y 16%N (T7) con valores de $0,51\pm 0,01$ y $0,53\pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg respectivamente, dato similar reportó Mahmoud et al. (2017) quienes evaluaron el valor de TBA en galletas elaboradas con cáscara de naranja al 15% y 20% obteniendo rangos de 0,29 y 0,27 mg malonaldehído /kg, así mismo Al-Ismail (2002) menciona que el grado de insaturación de la grasa influye en el valor de TBA, Segurondo y Cortez (2020) mencionan que los hidroperóxidos sufren una ruptura en la que se generan los compuestos secundarios de la oxidación lipídica, como aldehídos, cetonas, alcoholes y polímeros, Ma et al. (2019) indica que el valor de TBA es considerado un biomarcador de oxidación y es empleado para controlar la calidad de los alimentos grasos, por ello Velázquez-Sámano et al. (2019) recomiendan que los antioxidantes son una alternativa para retardar y reducir los niveles de oxidación lipídica. Por otro lado es importante conocer las funciones del BHT tal como lo indica Figueroa et al. (2020) quienes mencionan que el BHT es el antioxidante más utilizado en la industria de los alimentos para retardar la peroxidación lipídica y su uso es muy restringido, así mismo Chavez et al. (2022) indica que el BHT es un antioxidante sintético que proviene de la industria petrolera, por lo tanto afecta negativamente a la salud, por otro lado es importante considerar como alternativa natural a las cáscaras de los cítricos y está demostrado que los compuestos fenólicos como los flavonoides inhiben la oxidación de los lípidos (Ganhão et al., 2011).

En el día seis de almacenamiento a 60°C se encontró diferencia estadística significativa (Anexo XVIII) donde el mayor valor de TBA fue para la galleta sin ningún antioxidante (T0) $3,10\pm 0,00$ mg malonaldehído/Kg, y el menor fue para galletas con 16% de mandarina (T4) $0,56\pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg, Osawa et al. (2005) establece que rangos por encima de 1,0 mg malonaldehído/Kg indican mala calidad en el producto, manifestándose ya el olor y sabor a rancio, Polak et al. (2020) indica que el aumento de temperatura influye en la estabilidad de la grasa haciéndolas más susceptibles a la oxidación. Abd et al. (2015) demostraron que la adición de extractos vegetales en la elaboración de galleta protege contra la autooxidación durante el almacenamiento, así mismo Castromonte et al. (2020) menciona que en la cáscara de mandarina está presente flavonoides, ácidos fenólicos y terpenos como el D –limoneno, que actúan como antioxidantes naturales aportando muchos beneficios a la salud de quien lo consume, finalmente Villanueva et al. (2017) menciona que usar antioxidantes naturales en un producto requiere una mayor cantidad en la formulación para poder reducir la oxidación lipídica, comparado con un sintético que es muy efectivo en bajas concentraciones, pero genera daños en la salud.

Tabla 7. Resultados de valor de TBA en galletas elaboradas con sustitución de cáscaras blanqueadas de mandarina y naranja

Trat.	Clave	Tiempo de almacenamiento (Días)				
		0	6	12	18	24
Control	T0	0,98±0,00 ^a	3,10±0,00 ^a	5,44±0,01 ^a	6,14±0,01 ^a	7,7± 0,01 ^a
BHT	T1	0,66±0,01 ^{cd}	0,75±0,01 ^d	1,02±0,01 ^{cd}	2,09±0,01 ^b	3,85±0,01 ^b
6%M	T2	0,63±0,00 ^d	0,75±0,01 ^d	0,96±0,01 ^d	1,06±0,01 ^e	2,40±0,00 ^f
12%M	T3	0,58±0,01 ^e	0,71±0,01 ^d	0,80±0,01 ^e	0,98±0,00 ^f	2,13±0,01 ^g
16%M	T4	0,51±0,01 ^f	0,56±0,01 ^e	0,78±0,01 ^e	0,95±0,02 ^f	2,10±0,01 ^g
6%N	T5	0,88±0,02 ^b	0,96±0,01 ^b	1,80±0,06 ^b	2,02±0,01 ^c	3,56±0,01 ^c
12%N	T6	0,68±0,01 ^c	0,95±0,01 ^b	1,11±0,01 ^c	1,13±0,01 ^d	3,25±0,01 ^d
16%N	T7	0,53±0,01 ^{ef}	0,87±0,01 ^c	0,98±0,01 ^d	1,08±0,00 ^e	3,08±0,01 ^e

Los valores representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes subíndices de cada columna ($p \leq 0,05$)

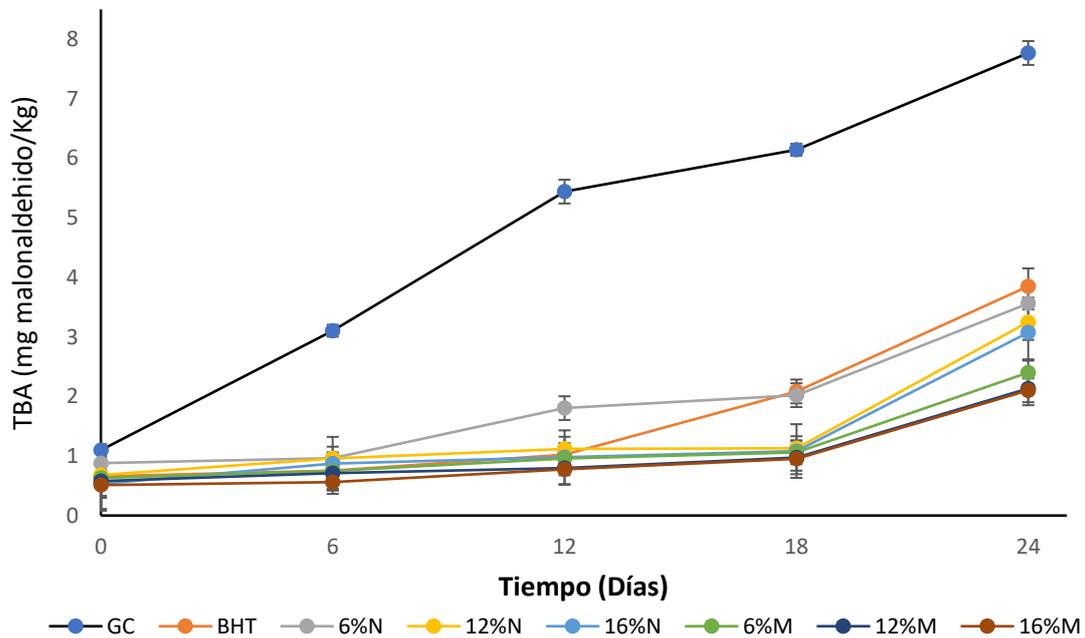


Figura 9. Comportamiento del TBA en galletas almacenadas a 60 °C por 24 días

En los días doce y dieciocho de almacenamiento, las galletas presentaron diferencia estadística significativa (Anexo XVIII y XIX), donde el valor de TBA para la galleta control (T0) supero los límites establecidos de oxidación, según Vegas-Niño y Argomedeo-Reyes

(2019) el valor de TBA aumenta durante el almacenamiento por la exposición del producto con el oxígeno. Por otro lado, las galletas formuladas con cáscara de mandarina al 12% (T4) y 16% (T5), con valores de $0,80 \pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg y $0,98 \pm 0,00$ mg malonaldehído/Kg en el día 12; $0,95 \pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg y $0,78 \pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg en el día 18 todavía mantuvieron su calidad, tal como lo indican Viera et al. (2015) quienes afirman que en la cáscara de los cítricos está presente la polimetoxiflavonas, estos compuestos presentan actividad antioxidante, antiinflamatoria, anticarcinogénica, antiviral y antitrombogénica, así mismo Estepa et al. (2001) menciona que los antioxidantes pueden retardar oxidación lipídica, pero no inhibirla, aunque se utilicen todas las metodologías de conservación disponibles, este fenómeno se produce inevitablemente cuando la presión de oxígeno es baja..

En el día 24 se observa diferencia estadística significativa (Anexo XX), para este tiempo solo mantuvieron su calidad las galletas al 12 y 16% de cáscara de mandarina, de $2,13 \pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg y $2,10 \pm 0,01$ mg malonaldehído/Kg, Carbajal-Sánchez et al. (2021) indican que un producto sin ninguna fuente de antioxidante acelera con facilidad las reacciones de peroxidación. Es importante observar los resultados en la misma tabla, mientras más alto es el porcentaje de cáscara en la galleta más es la estabilidad de los valores de TBA respecto al tiempo de almacenamiento, caso similar reportó Hamma et al. (2022) quienes demostraron que al aumentar los niveles de cáscara de cítricos en alimentos grasos, el valores de TBA tuvieron una mayor estabilidad oxidativa, en cambio las galletas que no tuvieron antioxidante desencadenaron más rápido reacciones de oxidación generando valores de TBA altos

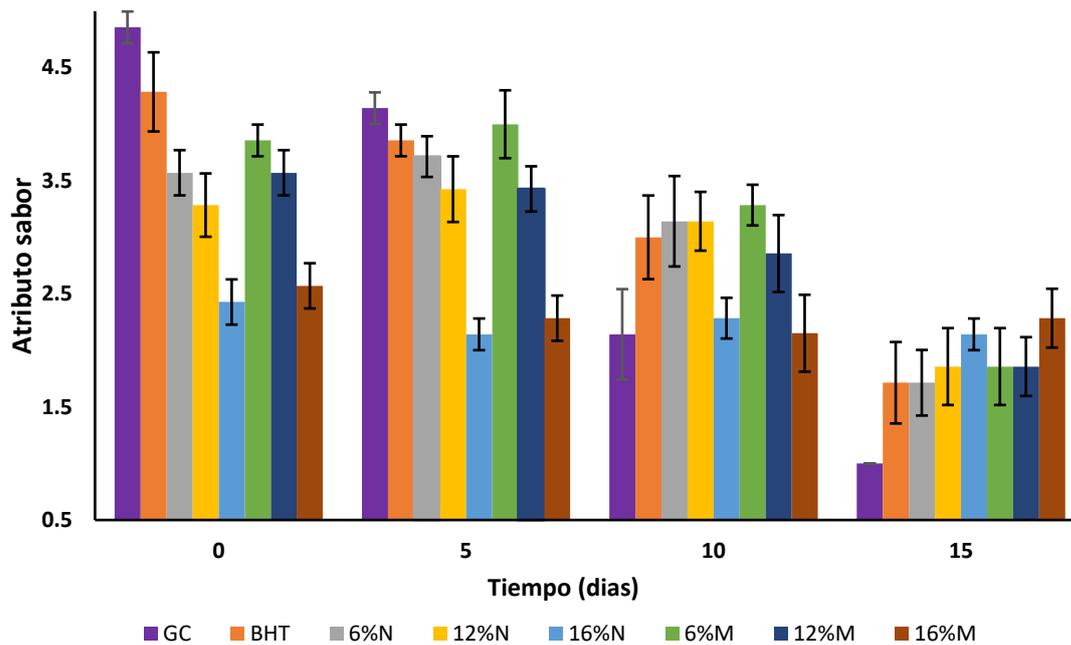
4.3. Evaluación sensorial de las galletas con cáscara blanqueada de mandarina cleopatra y naranja valencia almacenadas a 60°C

El análisis sensorial es un método que determina la aceptabilidad y preferencia de un producto por medio de los sentidos, se basa en establecer una escala hedónica y se califica según la preferencia o disgusto del evaluador Toscano-Palomar et al. (2020). En la Tabla 8 y Figura 10 se detalla el promedio de los resultados del atributo sabor de las galletas con cáscara de mandarina o naranja, BHT y control almacenadas a 60°C, para ello se empleó una escala hedónica de 5 puntos (Anexo I) donde 5= sabor fresco asociado a galleta recién horneado a 1= sabor a grasa rancio.

Tabla 8. Resultados del atributo sabor durante el almacenamiento de galletas a 60 °C.

Tratamiento	clave	Tiempo de almacenamiento (Días)			
		0	5	10	15
Control	T0	4,9±0,4 ^a	3,0±0,4 ^c	2,7±0,5 ^a	1,0±0,0 ^a
BHT	T1	4,7±0,5 ^{ab}	3,9±0,4 ^{ab}	3,3±0,5 ^a	1,7±0,9 ^a
6%M	T2	4,6±0,5 ^{ab}	3,7±0,2 ^{ab}	3,3±0,8 ^a	1,7±0,8 ^a
12%M	T3	4,1±0,4 ^{bc}	3,4±0,3 ^{bc}	3,0±0,0 ^a	1,9±0,9 ^a
16%M	T4	4,1±0,7 ^{bc}	3,3±0,5 ^{bc}	2,6±0,5 ^a	1,9±0,4 ^a
6%N	T5	4,5±0,5 ^{ab}	3,7±0,5 ^{ab}	3,3±0,5 ^a	1,9±0,9 ^a
12%N	T6	3,9±0,4 ^c	3,9±0,5 ^{ab}	2,9±0,9 ^a	1,9±0,7 ^a
16%N	T7	4,1±0,4 ^{bc}	4,1,0±0,6 ^{ab}	2,7±0,8 ^a	2,1±0,5 ^a

Los valores representan (promedio ± error estándar) repeticiones (n=3) valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

**Figura 10.** Comportamiento del atributo sabor en galletas almacenadas a 60 °C por 15 días

En el día cero hubo diferencia estadística significativa (Anexo XXI) donde el mayor puntaje correspondió a las galletas control, BHT, 6%M y 6%N, con una puntuación entre 4,5 a 4,9 asociadas a un sabor “fresco o recién salido del horno”; por otro lado los panelistas detectaron el sabor a “cítrico” en las galletas con 12%M, 16%M, 12%N y 16%N con puntajes

entre 3,9 a 4,1; al respecto Cerón et al. (2014) afirma que la sustitución parcial de la harina en la elaboración de galletas influye en los atributos sensoriales, Magda et al. (2008) en su trabajo de investigación encontró que solo se debe sustituir hasta un 10% de cáscara de naranja o mandarina, superior a este porcentaje los atributos sensoriales no son muy aceptados por los panelistas. Es importante resaltar que en la presente investigación las cáscaras en mandarina y naranja fueron blanqueadas, tal como lo indica Sáenz et al. (2007) que el blanqueado disminuye el contenido de los compuestos que otorgan el amargor en la cáscara de los cítricos.

En el día cinco de almacenamiento a 60°C se encontró diferencia estadística significativa (Anexo XXII) donde las galletas control obtuvo una puntuación de 3,0 asociados a “sabor ácido”, este puntaje fue menor comparado con el día cero, al respecto Chavez et al. (2020) señala que durante el almacenamiento en condiciones desfavorables las galletas entran en proceso de descomposición de sus grasas lo que provoca un incremento de la acidez, así mismo Villarroel et al. 2009 menciona que la acidez es uno de los factores que baja la calidad sensorial de las galletas; el análisis sensorial es utilizado como herramientas de control de calidad (Cárdenas-Mazón et al., 2018)

En el día diez no hubo diferencia estadística (Anexo XXIII) todas las galletas presentaron “sabor amargo y ácido” con una puntuación entre 2,6 a 3,3. Para este día podemos observar que tanto las galletas sin antioxidante y con antioxidante sintético y natural no conservaron sus atributos sensoriales, iniciándose ya un proceso de oxidación fuerte provocado posiblemente por la temperatura de almacenamiento 60°C, al respecto Matthäus (2010) menciona que temperaturas altas inducen a iniciar la oxidación produciendo que los ácidos grasos formen hidroperóxidos que son productos de la oxidación primaria que actúan en numerosas reacciones capaces de producir aromas y sabores desagradables, así mismo Al-Ismail (2002) responsabiliza a los ácidos grasos insaturados presentes en galletas responsables de la peroxidación debido a su inestabilidad a temperaturas altas.

En el día quince los resultados de sabor tampoco presentaron diferencia estadística (Anexo XXIV) el panel detectó que todas las galletas tuvieron un “sabor a rancio” con puntuaciones entre 1,0 a 2,1 ; cabe recordar que para este día el índice de peróxido superó los límites máximos permitidos con valores por encima de 5,0 Meq O₂/Kg; al respecto León et al. (2021) indica que existe una correlación entre la calidad sensorial y el índice de peróxido, en ese sentido Polak et al. (2020) cita que en la última etapa de oxidación se genera la conversión de los hidroperóxidos a compuestos más reactivos como los aldehídos, cetonas y lactonas que son las responsable del sabor rancio.

V. CONCLUSIONES

- El mayor contenido de fenoles totales fue en cáscara blanqueada de mandarina cleopatra (2,96 g EAG/100g) y naranja valencia (2,48 g EAG/100g). Del mismo modo en la capacidad antioxidante, la mandarina y naranja blanqueadas (DPPH IC₅₀ 1,84 mg/mL; IC₅₀ 2,08 mg/mL) y (ABTS IC₅₀ 0,18 mg/mL; IC₅₀ 0,19 mg/mL) respectivamente.
- En el día cero las galletas control, BHT y con cáscara de mandarina o naranja al 12 y 16 % presentaron la menor acidez; con valores de (0,03 a 0,08 % expresado en ácido láctico). a partir del sexto día de almacenamiento a 60°C todos los tratamientos pasaron los límites establecidos por norma peruana.
- En el día cero, las galletas con BHT y con cáscara de mandarina o naranja al 12 y 16 % presentaron valores de peróxido y TBA bajo; a partir del sexto a los dieciocho días de almacenamiento a 60 °C la que controló mejor fue las galletas tratadas con ambas cáscaras al 16% y en el día veinticuatro solo la cáscara de mandarina al 16%.
- En el día cero la galleta control, BHT y cáscara de mandarina o naranja hasta un 6% presentaron “sabor a galleta recién salida del horno”; estas mismas galletas con excepción al control a los cinco días almacenados a 60°C mostraron “sabor cítrico”; después de diez días todas las galletas fueron calificadas con “sabor amargo y rancio”.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Utilizar la cáscara de mandarina o naranja blanqueada como fuente de fenoles y antioxidante natural, al 16% en la formulación de galleta (30% grasa) para mejorar el sabor y contrarrestar la peroxidación lipídica.
- Estudiar la tecnología apropiada para eliminar el amargor en las cáscaras de cítricos y su evaluación de las características texturales (fracturabilidad) y nutricionales (grasas totales, grasas saturadas y grasas trans) en galletas.
- Realizar el análisis de residuos de pesticidas no permitidos (ácido arsanílico, bromopropilato, carbendazim, clorpirifós, etión, formetanato, guazatine, imazalil, metidación, metil y tiofanato) en residuos de cítricos destinadas a consumo humano.
- Investigar la extracción y conservación de los compuestos fenólicos, pigmentos y pectinas de las cáscaras de cítricos y comparar su efectividad y aceptabilidad en nuevos productos alimentarios
- Estudiar la vida útil en galletas con cáscaras de cítricos considerando el comportamiento oxidativo, sensorial y microbiológico en diferentes sistemas de empaçado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd El Baky, HH, El Baroty, GS e Ibrahim, EA (2015). Evaluación de las características funcionales de galletas sublimadas con ficocianina pura aislada a partir de Espirulina y biomasa de Espirulina. *Nutrición Hospitalaria*, 32 (1), 231-241.
- Acosta, M. L. C. (2019). Polifenoles: compuestos bioactivos con efectos benéficos en la prevención de diabetes tipo 2. *REDCieN*, 1(1), 6-6.
- Adamu, T. Bala & Kolo, M & Dawi, H. & Kanadi, Andema. (2021). Production and Storage Properties of Biscuit from Orange Peels and Pulps. *Journal of Scientific and Engineering Research* (8):98-109
- Agurto Escobar, A. J. (2021). Evolución de la industria de cítricos en el Perú.
- Ahmed, M., & Eun, J. B. (2018). Flavonoids in fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(18), 3159-3188.
- Al-Ismail, K. (2002). Effect of two methods of grilling on the oxidative rancidity and cholesterol oxidation in beef and chicken shawerma. *Grasas Y Aceites*, 53(3), 335-339.
- Álvarez, M. M. J., Camacho, D. R. B., Sánchez, M. P., Matos, M. V., & García, D. (2004). Evaluación de la actividad antioxidante de extractos de flavonoides de cáscara de naranja en el aceite de soja desodorizado. *Interciencia*, 29(9), 532-538.
- Anaya, G. R. B., De La Cruz Fernández, E., Córdor, A. R., Espitia, R. E., Navarro, T. R., & Rivera Villar, J. (2020). Assessment of the formulations of anti-anemic biscuits with different contents of Quinoa and different contents in heminic iron, by reduction of anemia in Holtzman rats. *Revista Boliviana de Química*, 37(2), 74-84.
- Apolinario, I. P., Sota, A. E., & Paz, R. J. S. (2021). Análisis de quejas y reclamos reportados en el servicio de atención al cliente de una empresa elaboradora de galletas. *Agroindustrial Science*, 11(1), 25-32.
- Arriola, G. C. P., Rubio, V. A. H., Rivera, J. R. R., & Berrocal, G. M. O. (2022). Efecto del blanqueo y la pasteurización sobre la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de la pitahaya roja (*Hylocereus monacanthus*). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research (BJAER)*, 5(1), 295-307.
- Arzave, R. J. A., Ruiz Loaiza, L., Stephano, S., & Miranda Velásquez, L. G. (2016). Determinación de índice de acidez y acidez total de cinco mayonesas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de alimentos*, 1(2), 843-849.

- Balfagón, D., Rambla, J.L., Granell, A., Arbona, V., & Gomez-Cadenas, A. (2022). El injerto mejora la tolerancia al estrés combinado por sequía y calor al modificar el metabolismo en los vástagos de cítricos. *Botánica ambiental y experimental*, 195, 104793.
- Baños C., L. (2021). *Estudio de la infiltración eosinofílica en la lesión aterosclerótica de ratones Apoe-/-inducida por dieta hipercolesterolémica* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Bedoya Betancur, S., Amar Gil, S., Barrera Zapata, R., Arriola Villaseñor, E., & Ardila Arias, A. N. (2021). Escenario técnico y económico para la valorización integral a pequeña escala de residuos de naranja en Colombia. *Ingeniería*, 26(3), 367-380.
- Bello-Amez, S., Castro-Cepero, V., Julca-Otiniano, A., & Paredes-Guerrero, Á. (2022). Caracterización de fincas productoras de naranja (*Citrus x sinensis* (L) Osbeck cv. Valencia) en Chanchamayo, selva central del Perú. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 11(1), 33-60.
- Bisbal, J. J. S., Lloret, J. M., Lozano, G. M., & Fagoaga, C. (2020). Especies vegetales como antioxidantes de alimentos. *Nereis. Interdisciplinary Ibero-American Journal of Methods, Modelling and Simulation*, (12), 71-90.
- Cabel, A. B., Bendezu, J. C., & Jacobo, K. C. (2022). Efectos beneficiosos de las cáscaras de frutas y análisis de la capacidad antioxidante. *Journal of Agro-industry Sciences*, 4(2), 59-67.
- Cabezas-Zábala, C. C., Hernández-Torres, B. C., & Vargas-Zárate, M. (2016). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(4), 761-768.
- Calsin C. M., Aro Aro, J. M., & Tipacti Vivanco, Z. L. (2016). Oxidative stability of soybean oil with antioxidant addition of Isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) during potato frying, 18 (4) 395 – 402.
- Carbajal-Sánchez, J. A., Ramírez-Durán, N., Gamboa-Angulo, M., & Moreno-Pérez, P. A. (2021). Estado de la información del consumo en México de antioxidantes sintéticos en alimentos ultra-procesados, basados en los productos de la canasta básica. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 31(58).
- Cárdenas-Mazón, N. V., Cevallos-Hermida, C. E., Salazar-Yacelga, J. C., Romero-Machado, E. R., Gallegos-Murillo, P. L., & Cáceres-Mena, M. E. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Domino de las Ciencias*, 4(3), 253-263.

- Cartaya, O., & Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, 22(2), 5-14.
- Castro E. Y. M., Altamar Pérez, T. D. J., Sarmiento Morales, L. P., Valle Mora, A., Villafañe Núñez, D. E., Blanco Villadiego, D., & Pión Cantillo, M. M. (2020). Aprovechamiento de residuos de frutos cítricos y su uso en la industria de alimentos.
- Castromonte, M., Wacyk, J., & Valenzuela, C. (2020). Encapsulación de extractos antioxidantes desde sub-productos agroindustriales: una revisión. *Revista chilena de nutrición*, 47(5), 836-847.
- Castro-Vazquez, L.; Alañón, M.; Rodríguez-Robledo, V.; Pérez-Coello, M.S.; Hermosín-Gutierrez, I.; Díazmaroto, M.C.; Jordán, J.; Galindo, M.; Arroyojiménez, M. (2015). Bioactive flavonoids, antioxidant behaviour and cytoprotective effects of dried grapefruit peels (*Citrusparadisi Macf.*). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 1: 1-12.
- Cerón, A. F., Bucheli, M. A., & Mora, O. O. (2014). Elaboración de galletas a base de harina de papa de la variedad Parda Pastusa (*Solanum tuberosum*). *Acta Agronómica*, 63(2), 1-12.
- Cerón-Salazar, I., & Cardona-Alzate, C. (2011). Integral evaluation process for obtaining pectin and essential oil from orange peel. *Ingeniería y Ciencia*, 7(13), 65-86.
- Chasquibol Silva, N. A., Iparraguirre, K., Huamán, J., & Alarcón Rivera, R. (2020). Estabilidad oxidativa de los aceites de sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana* y *Plukenetia volubilis*) y su importancia en la industria alimentaria, 39(1), 207-224
- Chavez, A. Y., Silva, R. J., & Pampa, N. B. (2020). Evaluación fisicoquímica y sensorial de galletas enriquecidas con harina de castaña (*Bertholletia excelsa*). *Peruvian Agricultural Research*, 2(1).
- Chavez, S. G., Gómez, N. A., & Mestanza, M. (2022). Efecto del aceite esencial de *Minthostachys mollis* Kunth en la estabilidad oxidativa de aceite de sachainchi (*Plukenetia hayllabambana*). *Revista chilena de nutrición*, 49(2), 173-180.
- Chen, Y., Pan, H., Hao, S., Pan, D., Wang, G., & Yu, W. (2021). Evaluation of phenolic composition and antioxidant properties of different varieties of Chinese citrus. *Food Chemistry*, 364, 130413.
- Cochran, W. G., & Cox, G. (1991). Elementos de muestreo.
- Contreras, N., Martínez, J. R., & Stashenko, E. E. (2006). Determinación de la actividad antioxidante in vitro de los aceites volátiles de cuatro plantas de uso tradicional mediante la medición de la peroxidación lipídica de aceite. *Scientia et Technica*, 1(30), 365-370.

- Cortez, J. D., Faicán Benenaula, M. A., Pirovani, M. E., & Piagentini, A. (2018). Determinación de polifenoles en frutas con vitamina C incorporada: Metodología para mejorar la especificidad del ensayo de Folin-Ciocalteu. *Conicet*, 19(2).
- Delgado, A. E., Palacio, O., & Aperador, W. (2015). Efecto de Butil Hidroxitolueno (BHT) en la estabilidad oxidativa de un lubricante a base de aceite de ajonjolí. *Información tecnológica*, 26(4), 81-88.
- Dihigo, L. E., Savón, L., Hernández, Y., Domínguez, M., & Martínez, M. (2008). Caracterización físico-química de las harinas de morera (*Morus alba*), pulpa de cítrico (*Citrus sinensis*) y harina de caña (*Saccharum officinarum*) para la alimentación de los conejos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(1), 65-69.
- Elodio-Policarpo, F., Peñaloza-Herrera, B., Maldonado-Astudillo, Y. I., Jimenez-Hernandez, J., Flores-Casamayor, V., Arámbula-Villa, G., & Salazar, R. (2019). Estabilidad térmica de aceite virgen de coco obtenido de dos cultivares crecidos en guerrero, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(2), 101-109.
- Embuena, C. M. D. L. D. (2015). *Evaluación de los cambios estructurales de galletas elaboradas con sustitutos de grasa* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Valencia).
- Esparza-Martínez, F. J., Miranda-López, R., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2016). Efecto de la temperatura sobre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en el residuo de la producción de jugo de mandarina (*Citrus reticulata* Satsuma). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 843-850.
- Espinoza-Zamora, A., Orozco-Benítez, G., Vázquez-López, Y., Romo-Rubio, J., Escalera-Valente, F., & Martínez-González, S. (2019). Una revisión sobre la pulpa de naranja: cantidad, composición y usos. *Abanico Agroforestal*, 1(1).
- Estepa, V., Ródenas, S., & Martín, M. C. (2001). Optimización de un método para la determinación de la peroxidación lipídica en suero humano. In *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia* 67(3)
- Falder, R. Á. (2003). Enciclopedia de los alimentos: Frutas. *Distribución y consumo*, (69), 115-133.
- Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B., & Nemati, A. (2020). Comparison of different drying methods on bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel waste: Changes in physical (density and color) and essential oil (yield, composition, antioxidant and antibacterial) properties of powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 862-875.

- Fatta, N, S. D. B. E., Mercati, F., & Ruberto, L. A. F. C. G. (2015) Somatic cybridization for Citrus: polyphenols distribution in juices and peel essential oil composition of a diploid cybrid from Cleopatra mandarin (*Citrus reshni* Hort. ex Tan.) and sour orange (*Citrus aurantium* L.). *Springer Science+Business Media*
- Figueroa, O. A., Peñalosa, S. P., Mejía, E. E., & Zapata, J. E. (2020). Efecto de la relación enzima-sustrato en la hidrólisis enzimática de lactosuero bovino por Alcalasa® 2.4 L. *Información tecnológica*, 31(3), 3-12.
- Ganhão, R., Estévez, M., & Morcuende, D. (2011). Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. *Food chemistry*, 126(2), 772-778.
- García, A. K., Madriz, Á. F. V., Juárez, A. W. M., Padrón, O. R., & Servín, J. L. C. (2021). Efecto térmico del blanqueado culinario en el perfil fenólico de ocho diferentes quelites presentes en la dieta tradicional mexicana. *Digital Ciencia@ UAQRO*, 4(6), 80-94.
- Ghasemi, K., Ghasemi, Y. y Ebrahimzadeh, MA (2009). Actividad antioxidante, contenido de fenoles y flavonoides de cáscaras y tejidos de 13 especies de cítricos. *Pak J Pharm Sci* , 22 (3), 277-281.
- González-Martín, M. I., Severiano-Pérez, P., Revilla, I., Vivar-Quintana, A. M., Hernández-Hierro, J. M., González-Pérez, C. y Lobos-Ortega, I. A. (2011). Predicción de los atributos sensoriales del queso mediante espectroscopia de infrarrojo cercano. *Química de los alimentos*, 127(1), 256-263.
- González-Martín, M. I., Severiano-Pérez, P., Revilla, I., Vivar-Quintana, A. M., Hernández-Hierro, J. M., González-Pérez, C., & Lobos-Ortega, I. A. (2011). Prediction of sensory attributes of cheese by near-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 127(1), 256-263.
- Grudner, C. E. C. (2019). Antioxidantes sintéticos de matriz fenólica para conservar comestibles con alto contenido de ácidos grasos insaturados (ÁGI). *Revista Tecnológica*, 15, 18.
- Gurram, S., & Sharma, G. P. (2019). Development of orange peel powder fortified wheat bajra based biscuit: Evaluation of sensory, nutritional and physical characteristics. *Int. J. Agric. Sci*, 11 (17), 8990-8995.
- Gutiérrez, T. J., Santiago, S. Y. O., Hernández, F. A. D., Pinedo, E. J. M., López, B. G., & López, P. C. U. (2019). Influencia de los métodos de cocción sobre la actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Nova scientia*, 11(22), 53-68.

- Hamma, A. A., Dahir, H. G., Khidhir, Z. K., Mohammad, M. M., Ahmmed, D. J., Ahmmed, A. K., & Kaki, S. O. (2022). Effect Of Lemon Peel And Pulp Extract On Some Local Kurdish Ram Meat Qualities And Its Shelf Life. *Sciences*, 18(1), 140-153.
- Heredia-Castro, P. Y., García-Baldenegro, C. V., Santos-Espinosa, A., Tolano-Villaverde, I. D. J., Manzanarez-Quin, C. G., Valdez-Domínguez, R. D., ... & Sosa-Castañeda, J. (2022). Perfil fitoquímico, actividad antimicrobiana y antioxidante de extractos de *Gnaphalium oxyphyllum* y *Euphorbia maculata* nativas de Sonora, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(4), 928-942.
- Hernández, E. D. R., Barrera, M. V., Briz T, O., González, H. E. A., Laguna, M. K. D., Jardínez, D. A. S., & Matuz, M. D. (2019). El papel de las especies reactivas de oxígeno y de nitrógeno en algunas enfermedades neurodegenerativas. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 62(3), 6-19.
- Hoyos, V. M., GYarcía Castillo, S., Rodríguez Delgado, J., & Praena Crespo, M. (2020). Características nutricionales y composición de las galletas disponibles en el mercado español y de las galletas dirigidas a la población infantil. *Pediatría Atención Primaria*, 22(86), 141-150.
- Hoyos, S. M., & Rosales, C. V. V. (2014). Lípidos: Características principales y su metabolismo. *Revista de Actualización clínica investiga*, 41, 2142.
- INDECOPI. 1992. Galletas - Requisitos. Norma Nacional 206 - 001. Perú.
- Jiménez-García, L. F., Pérez, J. E. V., Cerón-Romero, L., & Peña-Morán, O. A. (2020). Capacidad antioxidante de los extractos orgánicos de *Dorstenia contrajerva* por el método de ABTS. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Biomedicina (ISSN: 2448-8380)*, 34-34.
- Kandhro, A., Sherazi, S. T. H., Mahesar, S. A., Bhangar, M. I., Talpur, M. Y., & Arain, S. (2008). Monitoring of fat content, free fatty acid and fatty acid profile including trans fat in Pakistani biscuits. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, 1057-1061.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25, 726-732.
- León M. Luis, Casanova Pavel, David, & González Cabeza, José. (2021). Estabilidad de la calidad sensorial de aceites de oliva *Olea europea* (Oleaceae) extra virgen varietal y mono varietal. *Arnaldoa*, 28(3), 613-624.

- León, R. M., Cedeño Morales, Raúl, Rivero Morey, Rodolfo, Rivero Morey, Jeisy, García Pérez, Diana, & Bordón González, Leissay. (2018). La teoría del estrés oxidativo como causa directa del envejecimiento celular. *MediSur*, 16(5), 699-710.
- Liew, SS, Ho, WY, Yeap, SK y Sharifudin, SAB (2018). Composición fitoquímica y actividades antioxidantes in vitro de extractos de cáscara de Citrus sinensis. *Peer J*, 5331.
- Londoño-Londoño, J., Sierra, J., Álvarez, R., Restrepo D. A. M., Y Passaro, C. (2015). Aprovechamiento De Los Subproductos Citrícolas.12
- López, E. V., Benites, D. C., & Páucar, G. R. (2013). Influencia de los parámetros Rancimat sobre la determinación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de Sesamum indicum L. *Scientia Agropecuaria*, 4(3), 173-180.
- Ma, L., Liu, G. y Liu, X. (2019). Las cantidades de malondialdehído no representan con precisión el nivel oxidativo real de todos los aceites vegetales: un estudio cinético de la formación de malondialdehído. *Revista internacional de ciencia y tecnología de los alimentos* , 54 (2), 412-423.
- Magda, RA, Awad, AM y Selim, KA (2008). Evaluación de las cáscaras de mandarina y naranja navel como fuentes naturales de antioxidantes en galletas. en *alex J.Fd. ciencia y tecnología Conferencia Volumen Especial*, 1(1), 75-82.
- Mahmoud, M. H., Abou-Arab, A. A., & Abu-Salem, F. M. (2017). Preparation of orange peel biscuits enrich with phenolic compounds as natural antioxidants. *Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences*, 8(4).
- Marcucci, M. C., Salatino, A., Oliveira, L. F. A. M., & Gonçalves, C. P. (2021). Metodologias acessíveis para a quantificação de flavonoides e fenóis totais em própolis. *Revista Virtual Química*, 13(1), 1-13.
- Marín, F. R., Soler-Rivas, C., Benavente-García, O., Castillo, J., & Pérez-Alvarez, J. A. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food chemistry*, 100(2), 736-741.
- Matthäus, B. (2010). Oxidación de aceites comestibles. *Oxidación en alimentos y bebidas y aplicaciones antioxidantes. Tomo 2: Gestión en diferentes sectores industriales* , 183-238. doi:10.1533/9780857090331.2.183.
- Mayhuire, E. A., Huamaní, Y., Zanard, L. M., & de Miranda, E. M. (2019). Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. *Rev Soc Quím Perú*, 85(2), 231-41.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020). Valor bruto de la producción agraria. 5p

- Mite, A. I. A., Loor, J. L. M., Casillas, D. O. C., & Larreta, F. S. G. (2022). Estudio Comparativo de la Composición Química, Fenoles Totales y Actividad Antioxidante de Citrus síntesis, Citrus reticulata y Citrus máxima. *Reciamuc*, 6(3), 535-545.
- Monteverde, E. E., Marín, C., & Ruiz, J. R. (2007). Estudio de algunas características del fruto de ocho portainjertos para cítricos. *Agronomía Tropical*, 57(3), 189-195.
- Moreno-Rodríguez, M. D. R., & González-Blair, G. H. (2012). Evaluación En Crema De Leche Y Galletas De La Actividad Antioxidante Del Extracto De Cáscara De Naranja (Citrus Sinensis L.). *Vitae*, 19(1), S363-S365.
- Nagy, MM, Al-Mahdy, DA, Abd El Aziz, OM, Kandil, AM, Tantawy, MA y El Alfy, TS (2018). Composición química y actividad antiviral de los aceites esenciales de Citrus reshni hort. ex Tanaka (mandarina Cleopatra) cultivada en Egipto. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(1), 264-272.
- Ojha, P., & Thapa, S. (2017). Quality evaluation of biscuit incorporated with mandarin peel powder. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 18(1), 19.
- Ojito, K. R., Herrera, S. Y., Vega P. N. y Orelvis P. V. (2012). Actividad antioxidante in vitro y toxicidad de extractos hidroalcohólicos de hojas de *Citrus* spp. (Rutaceae). *Revista cubana de plantas medicinales*, 17(4): 368-379.
- Olivas-Gastélum, R., Gastélum-Franco, M. G., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua*, 3(1), 1-7.
- Olivas-Gastélum, R., Gastélum-Franco, M. G., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua*, 3(1), 1-7.
- Ordoñez, E., Reátegui, D., & Villanueva, J. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agro-pecuaria*, 9(1). doi:org/10.17268/sci.agrope-cu.2018.01.13
- Ordúz-Rodríguez, J. O., Monroy, J., Barrera, S., Núñez, V., & Ligarreto, G. (2012). Caracterización morfo-agronómica y molecular de mandarina Arrayana en el piedemonte del Meta (Colombia). *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2012); p.(5-12), 5-12.
- Ortega, M., Barboza, Y., Piñero, M. P., & Parra, K. (2016). Formulación y evaluación de una galleta elaborada con avena, linaza y pseudofruto del cauñil como alternativa de un alimento funcional. *Multiciencias*, 16(1), 76-86.

- Orwa et al. 2009. Citrus sinensis (L.) Osbeck. Rutaceae. sweet orange. Agroforestry Database 4.0. 1-5. Recuperado de http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Citrus_sinensis.pdf
- Osawa, CC, Felício, PED, & Gonçalves, LA (2005). Teste de TBA aplicado a carnes y derivados: métodos tradicionales, modificados y alternativos. *Química Nova*, 28, 655-663
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90, 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.010>
- Pearson, R., Kirk, R., & Sawyer, H. (1999). Composición y análisis de alimentos.
- Pérez-Macias, M., Soto, E., León-Pacheco, R. I., Rodríguez-Yzquierdo, G. A., & Villagrán-Munar, E. A. (2022). Injertos de naranja (Citrus sinensis) y mandarina (Citrus reticulata) en fase de producción. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1).
- Peterson, G., Aguilar, D., Espeche, M., Mesa, M., Jáuregui, P., Díaz, H., & Tavella, M. (2004). Ácidos grasos trans en alimentos consumidos habitualmente por los jóvenes en Argentina. *Archivos argentinos de pediatría*, 102(2), 102-109.
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89.
- Podsędek, A. (2007). Antioxidantes naturales y capacidad antioxidante de las verduras Brassica: una revisión. *LWT-Ciencia y tecnología de los alimentos*, 40 (1), 1-11.
- Polak, T., Lušnic Polak, M., Zahija, I., Lazar, N. y Demšar, L. (2020). Parámetros de calidad de diferentes aceites y alimentos fritos después de frituras repetidas. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu*, 22 (6.), 460-474.
- 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.
- Rafiq, S., Kaul, R., Sofi, S. A., Bashir, N., Nazir, F., & Nayik, G. A. (2018). Citrus peel as a source of functional ingredient: A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 351-358.
- Ramful, D., Bahorun, T., Bourdon, E., Tarnus, E. y Aruoma, OI (2010). Fenólicos bioactivos y propensión antioxidante de extractos de flavedo de cítricos de Mauricio: posibles ingredientes profilácticos para la aplicación de alimentos funcionales. *Toxicología*, 278 (1), 75-87.

- Ramirez, W. E. C., Torres, D. J. P., Suarez, L. A. C., & Santi, W. E. M. (2022). Tamizaje Fitoquímico, Fenoles Totales Y Actividad Antioxidante De Citrus Aurantium. *RECIAMUC*, 6(3), 470-479.
- 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.
- Rincón, A. M., Vásquez, A., & Padilla, M. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 55(3), 305-310.
- Rojano, B. A., & Gaviria, C. A. (2008). Determinación de la actividad antioxidante en un modelo de peroxidación lipídica de mantequilla inhibida por el isoespintanol. *Vitae*, 15(2), 212-218.
- Rojano, B. A., GAVIRIA, C. A., GIL, M. A., SAEZ, J. A., Schinella, G., & TOURNIER, H. (2008). Actividad antioxidante del isoespintanol en diferentes medios. *Vitae*, 15(1), 173-181.
- Romero, L. F. P., Domínguez, J. K. R., Pariona, L. D. P., & Soriano, E. M. C. (2020). Evaluación de pérdidas poscosecha de naranjas (*Citrus sinensis*) producidas en la selva central del Perú. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(2).
- Romero-Condori, G., Cuba-Cueva, N., Nova-Pinedo, M., & Mamani-Sánchez, B. (2020). Influencia de las fases lunares en el injerto de mandarina criolla (*Citrus reticulata*) sobre el patrón mandarina cleopatra (*Citrus reshni*) en el distrito río Blanco, Chulumani. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(1), 40-47.
- Rueda, X. Y., Mancilla, L. L., & Parada, D. P. (2007). Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja dulce (*Citrus sinensis*, variedad Valenciana) cultivada en Labateca (Norte de Santander, Colombia). *Bistua: Revista de la facultad de Ciencias Básicas*, 5(1), 3-8.
- Sáenz, C., Estévez, A. M., & Sanhueza, S. (2007). Utilización de residuos de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 57(2), 186-191.
- Safarzadeh M. F. (2021). Papeles del secado, la reducción de tamaño y el escaldado en la extracción sostenible de fenoles de las hojas de olivo. *Procesos*, 9(9), 1662.

- Salinas, N., & Romero, L. (2011, December). Perfil de los ácidos grasos presentes en galletas y mezclas para tortas en Venezuela. In *Anales venezolanos de nutrición* (Vol. 24, No. 2, pp. 78-85). Fundación Bengoa.
- Salinas, N., & Romero, L. (2011, December). Perfil de los ácidos grasos presentes en galletas y mezclas para tortas en Venezuela. In *Anales venezolanos de nutrición*, 24 (2), 78-85.
- Sangronis, E., Teixeira, P., Otero, M., Guerra, M., & Hidalgo, G. (2006). Manaca, batata y ñame: posibles sustitutos del trigo en alimentos para dos etnias del Amazonas venezolano. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(1), 77-82.
- Santamaria, J. D., Juárez, O., M. G., Sánchez, M., Santamaria, G., Varela, J., Castañeda, D., Juárez, M., López, S. (2020). Oxidative stability index as a reference for quality control in biodiesel production. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería*, 25(1), 2448-8364.
- Sapkota, S. y Sherpa, DR (2018). Estudio Comparativo de Diferentes Métodos de Blanqueo del Componente Bioactivo del Polvo de Cáscara de Mandarina. *B. Disertación técnica. Tribhuwan, Nepal*, 21-35.
- Segurondo Loza, R., & Cortez Quisbert, V. (2020). Determinación de la rancidez en aceites usados en el proceso de frituras en establecimientos de expendio de comida rápida. *Revista Con-ciencia*, 8(2), 115-128.
- Sepúlveda, A., Bizama, C., Negrier, J., & Villegas, J. (2003). Validación del método del ácido tiobarbiturico para determinar peroxidos lipídicos en espermatozoides humanos. *International Journal of Morphology*, 21(2), 174-175.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Research International*, 132, 109114.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Yadav, M. P. (2021). Insights into the chemical composition and bioactivities of citrus peel essential oils. *Food Research International*, 143, 110231.
- Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). Introduction to sensory evaluation. *Sensory Evaluation Practices (Third Edition)*. Academic Press, San Diego, 1-19.
- Suhartomi, KN, Gulo, AD y Saragih, AR (2020). Propiedades antioxidantes de cáscaras de naranja dulce en varias fracciones de extracto metanólico. *International Conference on Health Informatics and Medical Application Technology (ICHIMAT)*. (1). 371-378.
- Sultana, B., Anwar, F., & Ashraf, M. (2009). Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14(6), 2167-2180.

- Swastike, W., Suryanto, E., Rusman, R., Hanim, C., Jamhari, J., Erwanto, Y., & Jumari, J. (2021). The quality properties, thiobarbituric acid (TBA) values and microstructure of chicken sausage with local red beetroot powder, *Food Research*, 5(2), 2550-2166.
- Tolentino-Mayo, L., Sagaceta-Mejía, J., Cruz-Casarrubias, C., Ríos-Cortázar, V., Jauregui, A., & Barquera, S. (2020). Comprensión y uso del etiquetado frontal nutrimental Guías Diarias de Alimentación de alimentos y bebidas industrializados en México. *salud pública de méxico*, 62(6), 786-797.
- Toscano-Palomar, L., García-Gómez, G., Gómez-Puentes, F. J., Beltrán-González, G., Valenzuela-Espinoza, I. G., & Armenta-Gálvez, J. M. (2020). Análisis de las propiedades físico-químicas y sensoriales de barra alimenticia a base de semillas y nueces sin componentes de origen animal. *Revista española de nutrición humana y dietética*, 24(2), 143-153.
- Ulloa Espinosa, C. E. (2012). *Estudio de las opciones de reutilización energética o material de cáscaras de naranja* (Bachelor's thesis, Quito).
- Vargas, L.M., Brito, H. F., Cortez, J. A. T., López, V. M. T., & Huchin, V. M. (2019). Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. *CIENCIA ergo-sum*, 26(2), 6.
- Vázquez-Jiménez, J. G., Roura-Guiberna, A., Jiménez-Mena, L. R., & Olivares-Reyes, J. A. (2017). El papel de los ácidos grasos libres en la resistencia a la insulina. *Gaceta Medica de Mexico*, 153(7), 852-863.
- Vegas-Niño, R., & Argomedo-Reyes, Z. (2019). Efecto del factor de severidad y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de Pasta Desamargada de Tarwi. *Cantua*, 18(1), 9-14.
- Velásquez, O. R., Burga, C., & Vargas, L. (2022), agosto). Efectos de la Salinidad en tres Cultivares de Mandarina injertados en dos Portainjertos diferentes. En *Revista Peruana de Agronomía* . Universidad Nacional Agraria La Molina. 6(2), 114–122.
- Velázquez-Sámano, G., Collado-Chagoya, R., Cruz-Pantoja, R. A., Velasco-Medina, A. A., & Rosales-Guevara, J. (2019). Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios. *Revista alergia México*, 66(3), 329-339.
- Viera, J. , Vignale, B., Dellacassa, E. & Pistón, Mariela. (2015). Antioxidantes como vía de una dieta saludable: Evaluación en entrecruzamientos de mandarinas. Rev. de la Asoc. de Educadores en Química. ADEQ. ISSN: 23944596. 50-56.

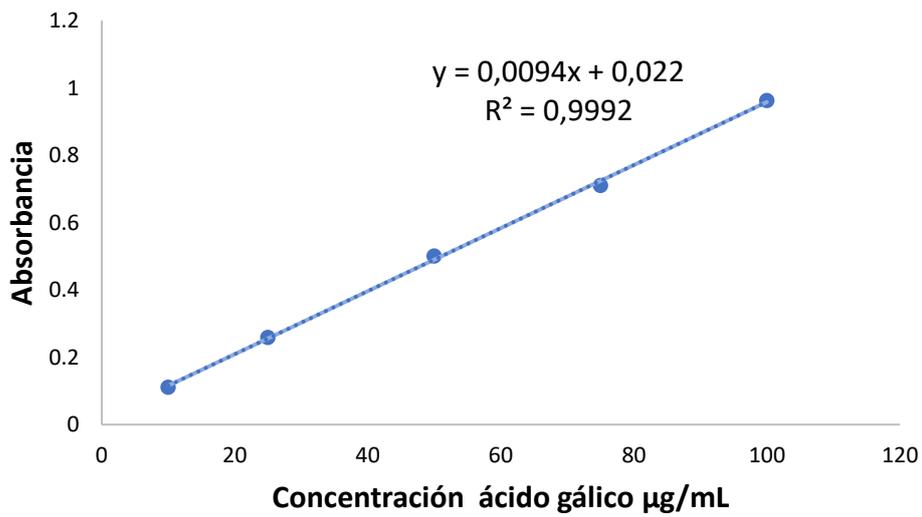
- Villanueva, E., Rodríguez, G., Aguirre, E., & Castro, V. (2017). Influencia de antioxidantes en la estabilidad oxidativa del aceite de chia (*Salvia hispanica* L.) por rancimat. *Scientia agropecuaria*, 8(1), 19-27.
- Villaruel, M., Huiriqueo, C., Hazbun, J., & Carrillo, D. (2009). Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harina desgrasada de avellana chilena (*Gevuina avellana*, Mol) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(2), 184-190.
- Villegas, G. J. M. (2003). Determinación cuantitativa de tres tipos de injerto de yema en cítricos (*Citrus* sp.) en la provincia caranavi. Tesis de Grado. UMSA. La Paz, Bolivia. 123 p.
- Vivanco, D., Ardiles, P., Castillo, D., & Puente, L. (2021). Tecnología emergente: Campo de pulsos eléctricos (PEF) para el tratamiento de alimentos y su efecto en el contenido de antioxidantes. *Revista chilena de nutrición*, 48(4), 609-619.
- Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Veana, F., & Muñiz-Márquez, D. B. (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23(1), 1-11.
- Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Veana, F., & Muñiz-Márquez, D. B. (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23(1), 1-11.
- Yahuaca-Juárez B., H. E. Martínez-Flores, J. A. Huerta-Ruelas, R. C. Pless, P. A. Vázquez-Landaverde and R. Tello-Santillán (2013) Oil oxidation in corn flour from grains processed with alkaline cooking by use of peroxide value, UV and FTIR. *Plant Foods for Human Nutrition* 68:65-71, <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0332>
- Yepes, S. M., Montoya Naranjo, L. J., & Orozco Sánchez, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales-frutas-en Medellín y el sur del Valle del Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4422-4431.
- Zegada, F. Y. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65-76.
- Zhang, H., Yang, Y. F., & Zhou, Z. Q. (2018). Phenolic and flavonoid contents of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit tissues and their antioxidant capacity as evaluated by DPPH and ABTS methods. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(1), 256-263.

ANEXO

Anexo I-a: Resultados de las absorbancias para la curva estándar de polifenoles

Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbancia (740nm)
10	0,111
25	0,259
50	0,501
75	0,710
100	0,963

Los valores representativos (promedio) provienen del experimento

Anexo I-b: Curva patrón de Ácido gálico

Anexo II: Distribución de los tratamientos de la evaluación sensorial para el atributo sabor según el bloque incompleto equilibrado.

Panelistas	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	X	X	X	X				
2					X	X	X	X
3	X	X					X	X
4			X	X	X	X		
5	X		X			X		X
6		X		X	X		X	
7	X			X		X	X	
8		X	X		X			X
9	X	X			X	X		
10			X	X			X	X
11	X		X		X		X	
12		X		X		X		X
13	X			X	X			X
14		X	X			X	X	

Anexo III: Ficha de evaluación sensorial de galletas

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Muestra: Galletas

NOMBRE:

FECHA: **HORA:**

Señor panelista se presenta a usted una cartilla para la evaluación sensorial del atributo sabor de galletas. Evaluar marcando con una X, la escala que crea conveniente.

ESCALA	Muestras							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Fresco (sabor asociado a recién horneado)								
Cítrico (sabor asociado a cítricos)								
Ácido (sabor asociado a acidez)								
Amargo (sabor a amargor y astringencia)								
Sabor a grasa rancia								

OBSERVACIONES:.....

Anexo IV: Análisis de varianza del contenido de fenoles en cáscaras de mandarina y naranja

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	3	2,08856	0,6961	218,13	<0,0001
Error experimental	8	0,02553	0,0031		
Total	11	2,11410			
R ² = 0,9879 C.V. = 2,2918 M.S.E. = 0,056 Media = 2,465					

Anexo V: Análisis de varianza del IC₅₀ del radical DPPH (mg/mL) en cáscaras deshidratadas y molidas de mandarina cleopatra y naranja valencia

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	3	1,9002	0,6334	56,17	<0,0001
Error experimental	8	0,1030	0,01288		
Total	11	2,0032			
R ² = 0,9485 C.V. = 5,1515 M.S.E. = 0,1135 Media = 2,2003					

Anexo VI: Análisis de varianza del IC₅₀ del radical ABTS (mg/mL) en cáscaras de mandarina y naranja

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	3	0,00263	0,000877	9,15	<0,0058
Error experimental	8	0,00076	0,000095		
Total	11	0,003397			
R ² = 0,7743 C.V. = 4,915 M.S.E. = 0,0097 Media = 0,199					

Anexo VII: Análisis de Varianza para acidez en galletas a 60°C / 0 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	0,0590	0,0084	51,04	<0,0001
Error	16	0,0026	0,0001		
Total	23	0,0616			
R ² = 0,9571 CV = 16,132 MSE = 0,0128 Media = 0,0796					

Anexo VIII: Análisis de Varianza para acidez en galletas a 60°C / 6 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	0,0759	0,0108	14,65	< 0,0001
Error	16	0,01184	0,0007		
Total	23	0,0877			
R ² = 0,8650		CV = 10,0879	MSE = 0,0272	Media = 0,2697	

Anexo IX: Análisis de Varianza para acidez en galletas a 60°C / 12 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	0,0910	0,0130	8,46	< 0,0002
Error	16	0,0245	0,0015		
Total	23	0,1155			
R ² = 0,7873		CV = 12,1295	MSE = 0,03919	Media = 0,3231	

Anexo- X: Análisis de Varianza para acidez en galletas a 60°C / 18 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	0,1718	0,0245	14,40	< 0,0001
Error	16	0,0272	0,0017		
Total	23	0,1991			
R ² = 0,8630		CV = 9,6310	MSE = 0,0412	Media = 0,4287	

Anexo XI: Análisis de Varianza para acidez en galletas a 60°C / 24 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	0,5593	0,0799	42,63	< 0,0001
Error	16	0,0299	0,0018		
Total	23	0,5893			
R ² = 0,9491		CV = 7,7200	MSE = 0,0432	Media = 0,5608	

Anexo XII: Análisis de Varianza para peróxido en galletas a 60°C / 0 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	4,8020	0,6860	160,94	<0,0001
Error	16	0,0682	0,0042		
Total	23	4,8702			
R ² = 0,9859		CV = 4,2917	MSE = 0,0652	Media = 1,5212	

Anexo XIII: Análisis de Varianza para peróxido en galletas a 60°C / 6 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	5,3716	0,7673	639,48	< 0,0001
Error	16	0,0192	0,0012		
Total	23	5,3908			
R ² = 0,9964		CV = 1,0033	MSE = 0,0346	Media = 3,2545	

Anexo XIV: Análisis de Varianza para peróxido en galletas a 60°C /12 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	6,6882	0,0130	766,93	< 0,0001
Error	16	0,0199	0,0015		
Total	23	6,7081			
R ² = 0,9970		CV = 0,6632	MSE = 0,033529	Media = 5,3220	

Anexo XV: Análisis de Varianza para peróxido en galletas a 60°C /18 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	P valor
Tratamiento	7	16,5569	2,3652	1160,67	< 0,0001
Error	16	0,0326	0,0020		
Total	23	16,5895			
R ² = 0,6983		CV = 0,6983	MSE = 0,0451	Media = 6,4637	

Anexo XVI: Análisis de Varianza para peróxido en galletas a 60°C /24 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	P valor
Tratamiento	7	35,4833	5,0690	524,61	< 0,0001
Error	16	0,1546	0,0096		
Total	23	35,6379			
R ² = 0,9956		CV = 1,2596	MSE = 0,0982	Media = 7,8037	

Anexo XVII: Análisis de Varianza para TBA en galletas a 60°C /0 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	0,8306	0,1186	403,52	<0,0001
Error	16	0,004	0,0002		
Total	23	0,8353			
R ² = 0,9943		CV = 2,4586	MSE = 0,0171	Media = 0,6974	

Anexo XVIII: Análisis de Varianza para TBA en galletas a 60°C /6 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	P valor
Tratamiento	7	14,3549	2,0507	8698,49	< 0,0001
Error	16	0,0037	0,0002		
Total	23	14,3587			
R ² = 0,9997		CV = 1,4149	MSE = 0,0153	Media = 1,0851	

Anexo XVIII: Análisis de Varianza para TBA en galletas a 60°C /12 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	52,4322	7,4903	3698,08	< 0,0001
Error	16	0,0324	0,0020		
Total	23	52,4646			
R ² = 0,9993		CV = 2,7902	MSE = 0,045	Media = 1,6129	

Anexo XIX: Análisis de Varianza para TBA en galletas a 60°C /18 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	Pr. > F
Tratamiento	7	65,2607	9,3229	42272,4	< 0,0001
Error	16	0,0035	0,0002		
Total	23	65,2642			
R ² = 0,9999		CV = 0,7683	MSE = 0,0148	Media = 1,9327	

Anexo XX: Análisis de Varianza para TBA en galletas a 60°C /24 días.

F.V	G.L	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	7	70,8260	10,1180	36956,7	< 0,0001
Error	16	0,0043	0,0002		
Total	23	70,8304			
R ² = 0,9999		CV = 0,4702	MSE = 0,0165	Media = 3,5184}	

Anexo-XXI: Análisis de Varianza de la evaluación sensorial, atributo sabor en galletas a 0 días.

Tratamiento	N	Rango promedio	Mediana	H	P _{valor}
1	7	15.64	5	14.885	0.00662
2	7	21.86	5		
3	7	21.86	5		
4	7	23.36	4		
5	7	33.43	4		
6	7	33.43	5		
7	7	37.29	4		
8	7	41.14	4		

Anexo-XXII: Análisis de Varianza de la evaluación sensorial, atributo sabor en galletas a 5 días.

Tratamiento	N	Rango promedio	Mediana	H	P _{valor}
1	7	15.14	4	13.5897	0.012600
2	7	20.57	4		
3	7	24.36	4		
4	7	26.5	4		
5	7	31.93	3		
6	7	31.93	4		
7	7	35.71	3		
8	7	41.86	3		