

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



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA
HARINA DE CÁSCARA DE *Passiflora edulis* (MARACUYÁ) Y EVALUACIÓN DE
LA TEXTURA, COLOR Y SENSORIAL EN GALLETAS

Tesis

Para optar el título de:

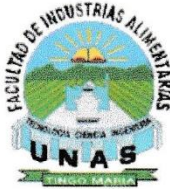
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

EGUSQUIZA SANTOS ESTHENIA INDIRA

Tingo María - Perú

2024



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 del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la
Commemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"*

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-2024

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 16 de mayo del 2024, a horas 12:00 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. **ESTHENIA INDIRA EGUSQUIZA SANTOS**, titulada:

**"CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, PROPIEDADES FUNCIONALES
DE LA HARINA DE CÁSCARA DE *Passiflora edulis* (MARACUYÁ) Y
EVALUACIÓN DE LA TEXTURA, COLOR 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, 16 de mayo del 2024


Dr. Alfredo Abelardo Carmona Ruíz
Presidente


Dra. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro


Dra. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Miembro


Dr. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Asesor


Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez
Asesora


Ing. Darlym Reátegui Díaz
Asesor



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 205 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación 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).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA DE CÁSCARA DE <i>Passiflora edulis</i> (MARACUYÁ) Y EVALUACIÓN DE LA TEXTURA, COLOR Y SENSORIAL EN GALLETAS	EGUSQUIZA SANTOS ESTHENIA INDIRA	15 % Quince

Tingo María, 09 de julio de 2024



VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

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

(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado

Universidad	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Facultad	:	Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de tesis	:	Caracterización fisicoquímica, propiedades funcionales de la harina de cáscara de <i>passiflora edulis</i> (maracuyá) y evaluación de la textura, color y sensorial en galletas
Autor	:	Egusquiza Santos, Esthenia Indira
Asesor de tesis	:	Dr. Basilio Atencio, Jaime Eduardo Dra. Ordoñez Gómez, Elizabeth Susana Ing. Reategui Días, Darlym
Escuela Profesional	:	Ingeniería en Industrias Alimentarias
Área de Investigación	:	Ciencia de Alimentos
Grupo de Investigación	:	Ingeniería de Alimentos
Línea de investigación	:	Ingeniería de Alimentos
Lugar de ejecución	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración	:	Inicio : Febrero 2024 Término : Abril 2024
Financiamiento	:	FEDU : S/0.00 Propio : S/6,483.40 Otros : S/0.00

Tingo María, Perú, junio de 2024

Egusquiza Santos, Esthenia Indira
Tesista

Dr. Basilio Atencio, Jaime Eduardo
Asesor

Dra. Ordoñez Gómez, Elizabeth Susana
Asesor

Ing. Reategui Días, Darlym
Asesor

DEDICATORIA

A Dios: por su presencia en mis momentos más difíciles, por guiarme, darme vida y salud. Gracias por la fuerza para terminar mi carrera y seguir adelante con fe y esperanza en el futuro.

A mi madre: Yolanda Santos Cruz por estar a mi lado, acompañarme, por reconfortarme en los días grises y compartir mis experiencias juntas.

A mi padre: Jorge Queler Egúsqüiza Caldas por estar a mi lado, creer en mí, escucharme y comprenderme. Tu apoyo incondicional y amor han sido mi mayor fuerza y motivación.

A mi hermana: Angie Y. Egúsqüiza Santos, por ser mi cómplice y apoyarme en cada etapa de la vida, juntas hemos superado desafíos y celebrados triunfos.

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres, Jorge Queler Egusquiza Caldas y Yolanda Santos Cruz, agradezco su apoyo, consejos y la perseverancia inculcada en mi carrera profesional. Gracias por creer en mí y ser una guía incondicional durante todas las etapas de mi vida.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a los docentes por compartir sus conocimientos, a las secretarías por su ayuda con las formalidades académicas y a todo el personal por su esfuerzo durante toda mi formación profesional.
- A mi asesora la Dra. Ordoñez Gómez, Elizabeth Susana, por su invaluable orientación y apoyo; su profesionalismo y amistad fueron fundamentales desde el inicio hasta la conclusión de este trabajo de investigación
- A mis asesores Al Ing. Reátegui Díaz, Darlym, por sus valiosas contribuciones, y al Dr. Jaime Basilio Atencio por su apoyo continuo.
- A mis Jurados: Dr. Alfredo Carmona Ruiz, a la Dra. Luz Milagros Follegatti Romero y a la Dra. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo por su apoyo continuo, confianza en mi trabajo, disposición para ayudarme y valiosos aportes.
- A la Ing. Aurelia Isabel León Arévalo, agradezco su apoyo, respaldo, conocimiento, amistad y comprensión.
- A mi hermana Angie Y. Egúsqiza Santos, agradezco por estar siempre a mi lado y por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria.
- A mis queridas amistades, agradezco profundamente por su apoyo incondicional a lo largo de los años. Han estado a mi lado en los momentos difíciles y compartido las alegrías. Su amistad es invaluable para mí.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del maracuyá.....	3
2.1.1. Origen	3
2.1.2. Definición	3
2.1.3. Taxonomía.....	3
2.1.4. Partes del maracuyá.....	4
2.1.5. Cáscara de maracuyá	5
2.2. Propiedades funcionales de la harina de cáscara maracuyá	7
2.2.1 Capacidad de retención de agua	7
2.2.2. Capacidad de retención de aceite.	8
2.2.3. Generalidades de fenoles totales, carotenoides.	9
2.3. Generalidades de galletas	13
2.3.3. Definición	13
2.3.4. Insumos para elaboración de galletas	14
2.4. Propiedades físicas texturales.....	16
2.4.1. Dureza.....	17
2.4.2. Cohesividad.	18
2.4.3. Fracturabilidad.....	19
2.4.4. Elasticidad.	20
2.4.5. Gomosidad.....	21
2.4.6. Masticabilidad.	22
2.5. Propiedades sensoriales.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Lugar de ejecución	26
3.2. Materia prima	26
3.3. Equipos, materiales y reactivos	26
3.4. Métodos de análisis	27
3.5. Metodología experimental.....	27
3.5.1. Elaboración de la harina de cáscara de maracuyá	27
3.5.2. Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de maracuyá.....	28
3.5.3. Propiedades funcionales de la harina de cáscara de maracuyá.....	31

3.5.4.	Elaboración de galletas con harina de cáscara de maracuyá	32
3.5.5.	Evaluación del perfil de textura y color en galletas con harina de cáscara de maracuyá	34
3.5.6.	Evaluación sensorial de las galletas con harina cáscara de maracuyá.....	34
3.5.7.	Evaluación estadística	35
4.1.	Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de maracuyá.....	37
4.2.	Propiedades funcionales en la harina de cáscara de maracuyá	40
4.3.	Perfil de textura y color en galletas con harina de cáscara de maracuyá.	41
4.3.1.	Perfil de textura	41
4.3.2.	Componentes principales del análisis de perfil de textura.	44
4.3.3.	Dendograma del perfil de textura de la galleta.....	46
4.3.4.	Color	47
4.4.	Evaluación sensorial en galletas elaboradas con harina de cáscara de maracuyá.....	48
V.	CONCLUSIONES	50
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	51
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VIII.	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición proximal y minerales de cáscara fresca de maracuyá (g/100g),	6
2. Concentraciones de polifenoles y potenciales antioxidantes de cáscara de maracuyá	6
3. Formulación de ingredientes para la preparación de las galletas	33
4. Composición fisicoquímica de harina de cáscara de maracuyá.	37
5. Propiedades funcionales en la harina de cáscara de maracuyá.	40
6. Resultados de perfil de textura de las galletas con harina de cáscara de maracuyá.	42
7. Análisis de color de galletas con harina de cáscara de maracuyá.	48
8. Resultados del análisis sensorial con la prueba Kruskal Wallis de cada atributo.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Partes del maracuyá.....	4
2. Gráfico típico de análisis de textura instrumental (TPA).....	17
3. Definición instrumental del parámetro dureza.....	18
4. Definición instrumental del parámetro de la cohesividad.....	19
5. Definición instrumental del parámetro de la fracturabilidad.....	20
6. Definición instrumental del parámetro de la elasticidad.....	21
7. Definición instrumental del parámetro de la gomosidad.....	22
8. Definición instrumental del parámetro de la masticabilidad.....	23
9. Preparación de la muestra.....	28
10. Flujograma la elaboración de galletas con harina de cáscara de maracuyá.....	33
11. Análisis de componentes principales del perfil de textura.....	45
12. Dendograma del del perfil de textura.....	47

RESUMEN

La harina de cáscara de maracuyá (HCM) es un subproducto valioso de la industria del jugo de maracuyá. Se evaluó la caracterización fisicoquímica, propiedades funcionales de la harina de cáscara de *passiflora edulis* (maracuyá) y evaluación de la textura, color y sensorial en galletas. La obtención de HCM fue mediante secado a 60°C/24 horas, molienda y tamizado (Tyler #100, 150µm). La HCM tuvo humedad (4,67%), proteína (4,75 %), grasa (0,71%), cenizas (4,65%), fibra cruda (20,68%) y carbohidratos (69,21%). En las propiedades funcionales, la capacidad de retención de agua (CRA) de 7,93 mL/g y la capacidad de retención de aceite (CRAc) de 5,14 g/g. Se utilizó espectrofotometría para determinar los fenoles totales (11,82 mg EAG/g) y carotenoides totales (16 777,48 CT µg/100g). Se elaboraron galletas dulces siendo T-0M (control), el T-8M (8% HCM) T-10M (10% HCM) y T-12M (12% HCM); se evaluó el perfil de textura mediante el Texturómetro Brookfield CT3; donde la galleta con 10% (T-10M) presentó una dureza de 31,39 N, cohesividad de 0,43, fracturabilidad de 28,39 N, elasticidad de 11,47 mm, gomosidad de 12,20 N y masticabilidad de 151,6 mJ. El color de la galleta con 8% (T8-M) fue similar al control (L* de 80,61 y b* de 32,69). Según el análisis sensorial el T-12M destacó con un intenso sabor a maracuyá, mientras que las galletas con 10% mostró buen sabor, dulzor, textura y aceptabilidad. Estos resultados sugieren que elaborar galletas con 10% (T-10M) es recomendable por su buen perfil textural, color luminoso y atractivos atributos sensoriales.

Palabras clave: *Passiflora edulis*, *passiflora*, *violale*, *ceibey*, *Tacsa*, *Curuba*, *parcha*, *Passifloraceae*.

ABSTRACT

Flour from passion fruit hulls (HCM -acronym in Spanish) is a valuable subproduct of the passion fruit juice industry. A characterization of the physicochemical [and] functional properties of the flour from *passiflora edulis* (passion fruit) hulls was evaluated and the texture, color and sensory [qualities] were evaluated. The HCM was obtained by drying at 60°C [for] twenty four hours, grinding, and sifting (Tyler #100, 150µm). The HCM had a humidity of 4.67%, protein of 4.75 %, fat of 0.71%, ash of 4.65%, raw fiber of 20.68%, and carbohydrates of 69.21%. For the functional properties, the water retention capacity (CRA – acronym in Spanish) was 7.93 mL/g and the oil retention capacity (CRAc – acronym in Spanish) was 5.14 g/g. Spectrophotometry was used to determine the total phenols (11.82 mg EAG/g) and total carotenoids (16,777.48 CT µg/100g). Cookies were made, with [the treatments] being: T-0M (control), T-8M (8% HCM), T-10M (10% HCM), and T-12M (12% HCM). The texture profile was evaluated using the Brookfield CT3 texture meter, where the cookie with 10% (T-10M) presented a hardness of 31.39 N, a cohesivity of 0.43, a brittleness of 28.39 N, an elasticity of 11.47 mm, a gumminess of 12.20 N, and a chewiness of 151.6 mJ. The color of the cookie with 8% (T8-M) was similar to the control (L* of 80.61 and b* of 32.69). According to the sensory analysis, T-12M stood out with an intense passion fruit flavor, while the cookies with 10% proved to have a good flavor, sweetness, texture, and acceptability. These results suggested that making cookies with 10% (T-10M) was recommendable due to the good texture profile, luminous color, and attractive sensory attributes.

Keywords: *passiflora edulis*, passion fruit, violale, ceibey, tacsá, curuba, parcha, *passifloraceae*

I. INTRODUCCIÓN

El maracuyá es un fruto relevante en la exportación peruana, generando ingresos significativos. Durante los primeros cuatro meses del 2023, las exportaciones de pulpa de maracuyá alcanzaron un total de 632 324 kg lo que equivale aproximadamente a 1 580 810 kg de fruta en su forma total (Ramos, 2023). Esta estimación toma en cuenta que la pulpa conforma el 40% del peso total del fruto, mientras que la cáscara representa el 60% restante lo que representa aproximadamente 948 486 kg en forma de residuo desaprovechado.

En el año 2019 la región Huánuco registró una producción de maracuyá en un área de 10 hectáreas, con un rendimiento promedio de 6,4 toneladas por hectárea. De esta producción, un 91% correspondió a la provincia del Leoncio Prado, con un total de 8 hectáreas dedicadas al cultivo de maracuyá (SIEA, 2019). Considerando el valor promedio del maracuyá en ese año, que fue de 2 soles por kilogramo, estas cifras resaltan el potencial económico y la importancia de explorar alternativas sostenibles para el aprovechamiento de la cáscara de maracuyá en sectores como la industria alimentaria y el turismo.

En la industria alimentaria, el uso de las cáscaras se ha convertido en una estrategia clave para optimizar recursos y reducir el desperdicio. En el ámbito de la producción de jugo de maracuyá, sus cáscaras y semillas son especialmente utilizadas por su riqueza en pectina, fibra dietética y propiedades antioxidantes, lo que las hace valiosas como ingredientes en alimentos funcionales.

La creciente preocupación por la salud en Perú, es evidenciada por las elevadas tasas de sobrepeso (37,5%) y obesidad (25,6%) en personas mayores de 15 años, el consumo de galletas, tuvo un promedio de 4,7 kg por persona en 2019, las galletas son un producto horneado muy valorado por personas de todas las edades, ofreciendo ventajas como una larga duración, precio accesible, alto valor nutricional y facilidad de consumo (Weng et al., 2021), también la galleta es considerado como alimento no saludable por esta razón en nuestro país se implementó la Ley de Promoción de la Alimentación Saludable para niños, niñas y adolescentes (Ley N° 30021) en la que se resalta los octágonos de alerta para que cada consumidor este informado del tipo de alimento que consume, en este marco, la cáscara del maracuyá emerge como un recurso valioso, rica en fibras dietéticas, capaz de enriquecer nutricionalmente las galletas, promoviendo una dieta más saludable al mismo tiempo ayudando la salud intestinal y el control de peso de las personas. Por lo expuesto se plantearon los siguientes objetivos:

El objetivo general de esta investigación fue realizar la caracterización fisicoquímica, propiedades funcionales de la harina de cáscara de *passiflora edulis* (maracuyá) y evaluación de la textura, color y sensorial en galletas.

Los objetivos específicos fueron:

- Caracterizar fisicoquímicamente la harina de cáscara de maracuyá.
- Evaluar las propiedades funcionales (capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, fenoles totales y carotenoides) de la harina de cáscara de maracuyá.
- Evaluar el perfil de textura y color de galletas con harina cáscara de maracuyá.
- Realizar la evaluación sensorial (sabor, dulzor, textura y aceptabilidad) en galletas elaboradas con harina de cáscara de maracuyá.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del maracuyá

2.1.1. Origen

La especie *Passiflora edulis* es una especie nativa de Brasil (Schotsmans y Fischer, 2011). Se reconocen científicamente más de 650 especies de la familia *Passifloraceae*, aproximadamente 60 de las cuales producen frutos consumibles por los seres humanos. Entre estas especies destacan *P. edulis f. flavicarpa Degen* y *P. edulis Sims*, las más cultivadas de maracuyá a nivel mundial. El maracuyá, originario de América Tropical (Paiva y Santos, 2021).

2.1.2. Definición

El nombre "maracuyá" puede explicarse a través de una teoría que sugiere que los indígenas de Brasil llamaban a la fruta "maraú-ya", derivado de "fruto marahu", que a su vez proviene de "ma-râ-ú", que significa "cosa que se come de sorbo". Así, la combinación de estas palabras da lugar al significado de "fruto que se come de un sorbo". Con el tiempo, los colonizadores adoptaron la palabra, y su forma actual se convirtió en "maracujá" en portugués y "maracuyá" en español. El maracuyá pertenece a la familia *Passifloraceae*, al igual que la curuba, la badea y la granadilla, con las que comparte similitudes en su crecimiento vegetativo y floración. En diferentes partes del mundo, esta planta es conocida por una variedad de nombres, como parcha o parchita en Puerto Rico, Venezuela y algunas regiones de Colombia; ceibey en Cuba, lilikoi en Hawái; couzou, grenedille, barbadine y frut de la passion en Francia; passion fruit en países de habla inglesa; y maracuja y passionsfrucht en alemán (Cañizares y Jaramillo, 2015).

2.1.3. Taxonomía

El maracuyá, de nombre científico *P. edulis*, es una especie de planta trepadora que pertenece a la familia *Passifloraceae* (Zhang et al., 2023). La familia *Passifloraceae* es una de las mayores familias en el orden Malpighiales y se distingue por sus flores exóticas y frutos comestibles (Reis et al., 2023). La clasificación taxonómica completa del maracuyá es la siguiente según Reina et al. (1999).

División: Espermatofita

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Arquiclamidea

Orden: Parietales
 Familia: Passifloraceae
 Género: Passiflora
 Especie: *Passiflora. edulis*
 Variedad: Purpúrea y Flavicarpa

2.1.4. Partes del maracuyá

Según lo descrito por Reina et al. (1999) la fruta de la pasión es una fruta exótica que contiene un de 10 a 15% de semillas y un 50 a 60% de cáscara como subproductos en la Figura 1 se observa las partes del maracuyá.

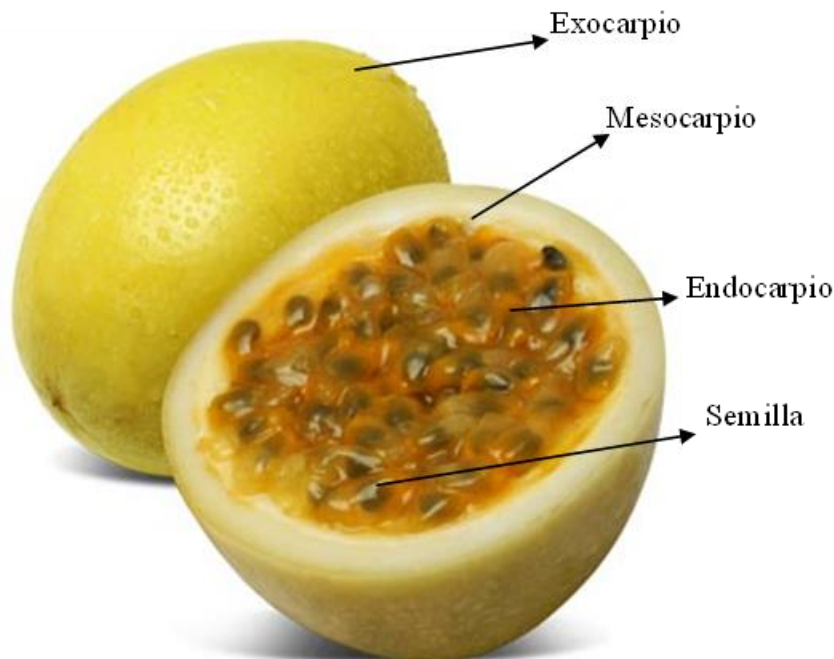


Figura 1. Partes del maracuyá

Exocarpio: Se refiere a la cáscara o corteza del fruto, presenta un color que va desde el verde hasta un tono amarillo o amarillo-verdoso, dependiendo de su estado de madurez. Las células del exocarpio son irregulares, con ángulos redondeados, y su pared celular es notablemente gruesa; esta capa está recubierta de una cera natural que le proporciona brillo y protección.

Mesocarpio: Es la parte blanda, porosa y de color blanco este tejido esponjoso tiene un grosor aproximado de 6 mm y está compuesto principalmente por pectina. Al entrar en contacto con el agua, el mesocarpio se reblandece fácilmente. Además, es un tejido esponjoso con un espesor aproximado de 4 mm y es responsable de perder la mayor cantidad de agua al ambiente, lo que resulta en una disminución de peso del fruto. Las células del

mesocarpio son de forma ovoide y son más grandes que las células del exocarpio, y su pared celular es delgada.

Endocarpio: Se refiere a la pulpa y jugo del fruto. Presenta un color amarillo o amarillo intenso, dependiendo del grado de madurez, el color puede tender hacia tonalidades anaranjadas y representa aproximadamente el 42% de la estructura total del fruto.

Semilla: Se caracteriza por ser de color negro y tener una forma similar a una lenteja, superficialmente, presenta una textura porosa. En promedio, se encuentran alrededor de 350 semillas en cada fruto de maracuyá.

2.1.5. Cáscara de maracuyá

En el caso del maracuyá, los subproductos principales son las cáscaras y las semillas, representando aproximadamente el 52% del peso total de la fruta. Estos subproductos tienen un valor nutricional significativo: las semillas son ricas en lípidos, especialmente ácidos grasos insaturados como el ácido oleico y linoleico, mientras que las cáscaras son una excelente fuente de fibra, especialmente pectinas, así como de minerales como el potasio y el calcio (De Toledo et al., 2018).

La cáscara es beneficiosa para la salud, porque su consumo por humanos provoca la reducción del colesterol, el control del aumento de peso, la mejora del tránsito intestinal en personas con estreñimiento y el control de la glucemia en pacientes diabéticos. Además, la harina obtenida de la cáscara, generalmente considerada como un desecho agroindustrial, ofrece potencial para aplicaciones como ingrediente natural en diversas formulaciones de productos alimenticios (Macedo et al., 2023).

La cáscara del maracuyá presenta un bajo valor calórico y también contiene cantidades significativas de hierro, zinc y manganeso (Tabla 1). Estos micronutrientes son esenciales para el funcionamiento metabólico. Las fibras solubles, como las pectinas, hemicelulosas y gomas, junto con los almidones resistentes, también son susceptibles de fermentación por bacterias intestinales, lo que da lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta como butirato, propionato y acetato. Estos ácidos grasos influyen en aspectos como la permeabilidad de la barrera intestinal, la motilidad y la absorción de agua y electrolitos. El interés en la cáscara de maracuyá ha aumentado debido a su contenido abundante de sustancias fitoquímicas que incluyen compuestos fenólicos con notables propiedades antioxidantes, como alcaloides, flavonoides y carotenoides (Tabla 2), que podrían poseer efectos terapéuticos, como inmunomodulación, propiedades anticancerígenas y antioxidantes (Vuolo et al., 2019).

Tabla 1. Composición proximal y minerales de cáscara fresca de maracuyá (g/100g),

Proximal	Cáscara fresca (g/100g)
Humedad	84,21
Energía (kcal/g)	29,91
Proteína (g)	0,67
Grasa(g)	0,01
Carbohidratos (g)	6,78
Fibra dietética total	4,33
Cenizas	0,57
Minerales	
Calcio (mg)	44,51
Hierro (mg)	0,89
Magnesio (mg)	27,82
Fosforo (mg)	178,4
Sodio (mg)	0,32
Zinc (mg)	0,04
Cobre (mg)	

Fuente: Vuolo et al. (2019)

Tabla 2. Concentraciones de polifenoles y potenciales antioxidantes de cáscara de maracuyá

Polifenoles y antioxidantes	Cáscara de maracuyá
TPC (mg GAE/g)	1,55 ± 0,21
TFC (mg QE/g)	0,04 ± 0,01
TTC (mg CE/g)	0,19 ± 0,02
DPPH (mg AAE/g)	0,72 ± 0,13
ABTS (mg AAE/g)	1,04 ± 0,07
FRAP (mg AAE/g)	0,42 ± 0,04
TAC (mg AAE/g)	1,32 ± 0,05

Fuente: Suleria et al. (2020). Cáscara de maracuyá liofilizada, los valores se expresan como mg/g de media ± desviación estándar (n = 3). TPC, Contenido de fenoles totales; TFC, contenido total de flavonoides; TTC, contenido de taninos totales; FRAP, ensayo de poder antioxidante reductor férrico; DPPH, ensayo de 2,2'-difeníl-1-picrilhidrazilo; ABTS, ensayo de ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico; TAC, capacidad antioxidante total; GAE, equivalentes de ácido gálico; CE, equivalentes de catequina; QE, equivalentes de quercetina; AAE, equivalentes de ácido ascórbico.

2.1.6. Usos de la cáscara de maracuyá en alimentos

A partir de los antecedentes investigativos de diversos autores, se destacan varias aplicaciones potenciales para la cáscara de maracuyá en la industria alimentaria. Garcia et al. (2019) investigó la incorporación de harina de cáscara de maracuyá en el desarrollo de

galletas dietéticas, demostrando su viabilidad como ingrediente alternativo para el enriquecimiento nutricional de alimentos. Reis et al. (2018a) exploró la utilización de la harina de cáscara de maracuyá como componente en productos de panadería, destacando su capacidad para enriquecer productos con compuestos bioactivos y fibra dietética. Ribeiro et al. (2018) formuló una pasta fresca sin gluten con adición de harina de cáscara de maracuyá, mejorando su valor nutricional y satisfaciendo la demanda de opciones más saludables. Oliveira et al. (2016) identificó el potencial de los productos en polvo de cáscara de maracuyá como ingredientes alimentarios naturales, ricos en compuestos fenólicos y fibra, con aplicaciones en alimentos funcionales. Andrade et al. (2018) evaluó la posibilidad de emplear la harina de cáscara de maracuyá en la preparación de galletas rellenas, destacando su capacidad para enriquecer las galletas con fibra, proteínas y minerales. En conjunto, estos estudios subrayan el potencial de la cáscara de maracuyá como ingrediente versátil en la creación de productos alimenticios con beneficios nutricionales y sensoriales. Además, Coelho et al. (2017) analizaron las propiedades tecnológicas de la harina de cáscara de maracuyá, sugiriendo su potencial como reemplazo de aditivos alimentarios convencionales en términos de estabilización, emulsificación, espesamiento y gelificación. Estos estudios en conjunto resaltan las diversas oportunidades de utilizar la cáscara de maracuyá como un recurso versátil en la creación de alimentos nutritivos y funcionales, así como en la mejora de propiedades tecnológicas en productos alimentarios.

2.2. Propiedades funcionales de la harina de cáscara maracuyá

Las cáscaras del maracuyá pueden ser secadas y transformadas en un producto alimenticio conocido como harina de cáscara de maracuyá, que presenta diversos beneficios para la salud también se ha demostrado que la harina elaborada a partir de cáscaras de maracuyá amarilla contribuye a reducir los niveles de glucosa en sangre en personas con diabetes (Marques et al., 2016). La harina de maracuyá amarillo es un subproducto de la industria de jugo de maracuyá y ha demostrado una capacidad antioxidante infrautilizada que puede mejorar la salud (Vuolo et al., 2020).

2.2.1 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) es una medida esencial que cuantifica la disponibilidad de agua para el proceso de gelatinización. Esta característica adquiere una relevancia significativa en el contexto de alimentos horneados, como el pan, ya que una CRA óptima resulta indispensable para alcanzar la textura y atributos deseados

(Tiencheu et al., 2021). Diversos factores ejercen influencia sobre la CRA en matrices alimentarias, entre ellos, la microestructura, tamaño de partícula, porosidad, pH, temperatura, fuerza iónica y la presencia de otros compuestos que contribuyen a la retención de agua (Elleuch et al., 2011). Según Kweon et al. (2013) la capacidad de retención de agua de la harina es una característica importante relacionada con el procesamiento y la calidad del producto final de los productos horneados.

La incorporación de agua induce el proceso de hinchamiento, donde el nivel de hinchamiento demostrado por la harina se encuentra directamente influenciado por la concentración de proteínas, almidones y fibra. Se ha documentado que el almidón muestra una marcada capacidad de hinchamiento en un entorno acuoso; y cuando esta característica se combina con las capacidades de hinchamiento inherentes a las proteínas y la fibra, el almidón puede contribuir a una capacidad de hinchamiento excepcional. Por lo tanto, la composición del almidón presente en las harinas podría ejercer una influencia sobre la CRA y las propiedades asociadas al hinchamiento (Farooq y Boye, 2011).

Las características del tipo, contenido y dimensión de las partículas de fibra también pueden ejercer una influencia en las propiedades de hidratación presentes en las harinas. En el contexto la capacidad de retención de agua aumentó a medida que el tamaño promedio de las partículas se redujo de 950 a 300 μm . Este fenómeno se atribuye a un incremento en la superficie y en el volumen de los poros durante el proceso de molienda. En contraste, la CRA es ligeramente mayor con un tamaño de partícula entre 425–850 μm en comparación con las molidas menores a 150 μm (Tosh y Yada, 2010).

2.2.2. Capacidad de retención de aceite.

La capacidad de retención de aceite (CRAc) se refiere a la diferencia de peso de la harina antes y después de absorber el aceite; esta propiedad es crucial, ya que el aceite desempeña un papel importante en la retención del sabor y en la mejora de la textura suave y la sensación en boca de los alimentos, especialmente en productos horneados como el pan. Asimismo, la CRAc es relevante para garantizar la estabilidad del producto durante su almacenamiento y prevenir el desarrollo de rancidez (Tiencheu et al., 2021). Además, la CRAc está influenciada por la estructura química de los polisacáridos de las plantas y su estructura química y física (Fernández et al., 2009). Conocer estos factores permite optimizar la calidad de los alimentos y prolongar su vida útil, proporcionando una experiencia sensorial agradable.

Según Cabrera et al. (2023) en relación a la retención de aceite en productos alimenticios, se han identificado tres mecanismos centrales: solidificación,

condensación y capilaridad. Este último proceso surge debido a la formación de poros en la estructura del alimento tras el procesamiento, originados por la evaporación del agua. Esta formación de poros facilita la penetración del aceite en la matriz alimentaria. En consecuencia, el incremento en la retención de aceite en harinas de granos reventados podría estar principalmente relacionado con los efectos capilares que resultan de los cambios estructurales en los gránulos de almidón. A diferencia de las harinas crudas, donde el almidón presenta una disposición compacta y una interacción limitada con el aceite, el proceso de reventado y gelatinización conlleva a una estructura más porosa que favorece la difusión del aceite y promueve su interacción en mayor medida.

Esta capacidad de retener aceite podría estar influenciada por las características químicas del almidón. Las fracciones de amilosa y almidón pueden generar complejos con otras moléculas, como los complejos amilosa-amilosa, amilosa-lípido o amilosa-huésped. Factores cruciales para estas interacciones incluyen la disposición de grupos OH, los enlaces de hidrógeno y la longitud molecular (Cervantes et al., 2020). Dado que el almidón gelatinizado presenta un estado más desorganizado, contiene una mayor cantidad de grupos OH libres disponibles para interactuar con los lípidos, lo que potencia la capacidad de interacción. Adicionalmente, esta mayor absorción de aceite podría ser impulsada por la microestructura porosa y laminada, que incrementa la superficie de contacto para la interacción entre los lípidos y la estructura del alimento (Cabrera et al., 2023).

2.2.3. Generalidades de fenoles totales, carotenoides.

En las últimas décadas, el interés en la nutrición y la ciencia de los alimentos ha sido impulsado por las dietas naturales ricas en fenoles y su capacidad antioxidante. Los fenoles naturales son metabolitos secundarios con estructuras que incluyen anillos aromáticos y al menos un grupo hidroxilo. Estos compuestos fenólicos poseen la habilidad de ceder electrones debido a los grupos hidroxilo, lo que les confiere una acción antioxidante directa. Además, algunos de estos compuestos estimulan la producción de moléculas antioxidantes endógenas en las células. Los fenoles exhiben propiedades como la inhibición de radicales libres, la descomposición de peróxidos, la inactivación de metales y la eliminación de oxígeno en sistemas biológicos, contribuyendo así a prevenir la carga de enfermedades oxidativas. En el contexto de la salud, los antioxidantes naturales desempeñan un rol crucial en la defensa contra los radicales libres. Numerosos estudios epidemiológicos respaldan la asociación entre el consumo de alimentos ricos en compuestos fenólicos con una

potente actividad antioxidante y una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes y enfermedades neurodegenerativas (Aryal et al., 2019).

Fenoles totales definición y clasificación: Son sustancias naturales que se encuentran en una amplia gama de alimentos, como frutas, verduras, granos y especias, con potencial antioxidante y efectos beneficiosos para la salud (Pérez et al., 2010). Los polifenoles se clasifican en cuatro clases principales en función de su estructura química: flavonoides, ácidos fenólicos, lignanos y estilbenos (Zamora et al., 2018).

Los flavonoides son polifenoles comunes, con dos anillos aromáticos conectados por tres heterociclos oxigenados. Se dividen en seis subtipos según su grupo funcional: antocianinas, flavonas, flavanoles, isoflavonas, flavonoles y flavanonas. Se encuentran en más de 4000 especies de plantas, responsables de colores atractivos en hojas, verduras y flores. En las plantas, existen como derivados glucosilados de los polifenoles, y estas diferencias estructurales influyen en su función antioxidante. El consumo a largo plazo de alimentos ricos en flavonoides puede mejorar la salud y la longevidad en humanos (Rana et al., 2022).

Los ácidos fenólicos se dividen en ácido benzoico y cinámico. Los hidroxibenzoicos son escasos en alimentos, excepto en ciertas frutas rojas, rábanos negros y cebollas. Los hidroxicinámicos como el ácido p-cumárico, cafeico, ferúlico y sinápico son más comunes y rara vez se encuentran libres en alimentos procesados. El ácido cafeico y quínico forman ácido clorogénico en frutas. El ácido ferúlico es abundante en granos de cereales, especialmente en el salvado. Las harinas de arroz y avena tienen cantidades similares a las de trigo, pero en la harina de maíz es tres veces mayor. Solo el 10% del ácido ferúlico está libre en el salvado de trigo (Manach et al., 2004).

Los lignanos son compuestos menores asociados con la fibra dietética presentes en alimentos vegetales como semillas oleaginosas, cereales, verduras, frutas y legumbres. Pueden presentarse como monómeros, una mezcla de monómeros y oligómeros o predominantemente como oligómeros, como en la semilla de linaza. Los lignanos actúan como fitoestrógenos y antioxidantes, reduciendo el riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares. Estudios han demostrado su capacidad para brindar protección contra el cáncer de ovario y tiroides en mujeres (Ajila et al., 2010).

Los estilbenos son compuestos con dos grupos fenilo unidos por un puente de metileno de dos carbonos. En las plantas, actúan como fitoalexinas antifúngicas en respuesta a infecciones o lesiones. El resveratrol, presente en uvas y paltas, ha sido estudiado por sus propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antifúngicas y antimicrobianas.

También se usa en la medicina oriental para tratar trastornos lipídicos, inflamatorios y cardíacos. Estudios han relacionado el resveratrol con actividades antioxidantes y cardiovasculares, así como su impacto en la coagulación de plaquetas (Kondratyuk y Pezzuto, 2004).

La biodisponibilidad de los polifenoles es baja en comparación con otros nutrientes y varía según su estructura química. Los polifenoles de bajo peso molecular son absorbidos en el intestino delgado, mientras que los compuestos oligoméricos y poliméricos llegan al intestino grueso, donde las bacterias producen metabolitos activos (Galanakis, 2021). Según Pandey y Rizvi (2009) la incorporación de alimentos ricos en polifenoles en nuestras dietas puede ofrecer importantes beneficios para la salud. Estos compuestos derivados de plantas actúan como antioxidantes naturales, protegiendo a nuestro cuerpo del daño causado por los dañinos radicales libres. El consumo a largo plazo de dietas ricas en polifenoles se ha relacionado con la protección contra enfermedades crónicas como el cáncer, problemas cardiovasculares y enfermedades neurodegenerativas. Además, los polifenoles tienen un impacto en las características sensoriales y la estabilidad oxidativa de los alimentos, desempeñando un papel en atributos como el amargor, la astringencia, el color, el sabor y el olor. Los estudios han demostrado que la ingesta regular de estos compuestos puede proporcionar una defensa contra el estrés oxidativo.

Carotenoides: Según Olmedilla et al. (2001), los carotenoides, se aislaron por primera vez en 1931 a partir de fuentes naturales. Aunque hubo información previa sobre su presencia, fue en 1906 cuando se separaron por cromatografía y se acuñó el término "carotenoides". En 1909, se descubrió que la vitamina A era esencial para la supervivencia, y en 1930 se demostró que los carotenoides podían convertirse en vitamina A. Setenta años después, siguen siendo una fuente vital de esta vitamina obtenida principalmente de frutas y verduras en la dieta humana.

Los carotenoides son pigmentos naturales de tonalidades rojas, naranjas o amarillas que se encuentran presentes en diversas fuentes como plantas, frutas, algas, hongos, bacterias fotosintéticas y algunas especies de arqueas. Estos compuestos poseen una estructura poliisoprenoide, también conocida como tetraterpeno, y se dividen en dos categorías: carotenos y xantofilas, dependiendo de la presencia de átomos de oxígeno en su configuración. Los carotenos, entre los que se encuentran el α -caroteno, el β -caroteno y el licopeno, consisten únicamente en una cadena de hidrocarburos sin ningún grupo funcional de oxígeno. En contraste, las xantofilas, como la luteína, zeaxantina, cantaxantina y astaxantina, son

compuestos oxigenados que incorporan átomos de oxígeno en forma de grupos hidroxilo, aldehído, carboxílico y epóxido en su estructura (Abbasian et al., 2023).

Alrededor de 50 de los más de 700 carotenoides identificados en la dieta humana pueden ser absorbidos y metabolizados por el cuerpo. Seis de ellos, β -caroteno, β -criptoxantina, α -caroteno, licopeno, luteína y zeaxantina, representan más del 95% de los carotenoides en sangre. El β -caroteno, abundante en frutas y verduras de color amarillo-anaranjado, es uno de los carotenoides más destacados (Mueller y Boehm, 2011). Galanakis (2021) destaca que los carotenoides tienen diversas funciones en la fotoquímica, fotobiología, nutrición y medicina debido a sus propiedades antioxidantes y colorantes naturales presentes en flores, verduras y frutas de diferentes colores. La eficiencia de los carotenoides depende de su bioaccesibilidad, bioactividad y estabilidad durante los procesos de extracción, manipulación y almacenamiento. La tecnología de alta presión homogeneización se ha utilizado para aumentar la bioaccesibilidad de los carotenoides, como se ha demostrado en el aumento de la digestibilidad de luteína en microalgas termotolerantes. Sin embargo, es esencial evitar procesos de isomerización y oxidación que afecten la biodisponibilidad de los carotenoides, como la reducción de su estabilidad en el jugo de zanahoria tratado con ultrasonidos.

En la industria alimentaria, los carotenoides son ampliamente utilizados debido a sus propiedades colorantes en productos como zumos de frutas, pastas, bebidas, dulces, margarinas, quesos y embutidos. También se emplean en la fortificación de alimentos por su potencial actividad como provitamina A y beneficios para la salud, incluyendo el fortalecimiento del sistema inmunológico y la reducción del riesgo de enfermedades degenerativas. Actúan como antioxidantes, protegiendo las células del daño (Mezzomo y Ferreira, 2016).

El β -caroteno, según Sun et al. (2023), es ampliamente utilizado en productos alimenticios y alimentos para mascotas para mejorar su atractivo. Como precursor de la vitamina A, es esencial para la salud humana, promoviendo la inmunidad y previniendo cataratas, problemas de la piel y ceguera nocturna. Además de estar en multivitamínicos y cosméticos, actúa como antioxidante en alimentos y cosméticos. Ofrece beneficios médicos como efectos retino protectores, dermoprotectores, antiinflamatorios, antihipertensivos, antitumorales y antidiabéticos, superando alternativas sintéticas, también mejora la apariencia de peces, crustáceos y aves en la alimentación animal.

De acuerdo con Tanumihardjo (2023), el α -caroteno, un carotenoide común en los alimentos, tiene actividad provitamina A, propiedades antioxidantes y posibles efectos anticancerígenos que fortalecen la función inmune. Algunos estudios sugieren menor riesgo de

enfermedades cardiovasculares y cáncer con mayor ingesta de α -caroteno, destacando su reducción del riesgo de cáncer de próstata. No se han realizado ensayos clínicos específicos en humanos debido a su coexistencia frecuente con β -caroteno en frutas y verduras, dificultando su aislamiento.

El β -criptoxantina, carotenoide común en frutas y tejidos humanos, desempeña un papel vital en la defensa antioxidante y la comunicación de célula a célula. Además, es precursor esencial de la vitamina A, vital para la visión, el crecimiento y la respuesta inmune. Los estudios sugieren una mayor biodisponibilidad de β -criptoxantina de fuentes alimenticias en comparación con otros carotenoides. Aunque es menos eficiente que el betacaroteno, los alimentos ricos en β -criptoxantina son equivalentes en vitamina A. Las mandarinas, caquis y naranjas son fuentes ricas de β -criptoxantina (Burri, 2014).

El licopeno, un pigmento perteneciente al grupo de carotenoides no oxigenados, destaca por su estructura simétrica y sus once dobles enlaces conjugados. Gracias a su composición química, se ha comprobado que el licopeno es un poderoso supresor de radicales libres, superando en actividad antioxidante al β -caroteno. Estudios clínicos y epidemiológicos respaldan que dietas ricas en licopeno están asociadas con un menor riesgo de cáncer de próstata, pulmón y ovario, así como una reducción en enfermedades crónicas y cardiovasculares (Mezzomo y Ferreira, 2016).

La luteína y la zeaxantina pertenecen a la familia de carotenoides xantofilas, pigmentos producidos por las plantas. Aunque estructuralmente son muy similares, difieren ligeramente en la disposición de átomos. La ingesta diaria recomendada es de aproximadamente 10,0 mg de luteína y 2 mg de zeaxantina. Los adultos suelen consumir entre 1 y 2 mg/día de luteína. Estas sustancias son esenciales para el funcionamiento adecuado de órganos como los ojos, piel, corazón e intestinos. Se pueden obtener a través de la dieta, especialmente de verduras de hojas oscuras y algunas frutas. De particular interés es su acumulación en la retina, específicamente en la mácula, lo que les otorga el nombre de pigmentos maculares. La terapia con luteína y zeaxantina se ha asociado con beneficios en el retraso de enfermedades oculares como la degeneración macular relacionada con la edad y las cataratas (Mrowicka et al., 2022).

2.3. Generalidades de galletas

2.3.3. Definición

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.001:2016 del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) una galleta es un producto obtenido mediante la cocción adecuada de una masa sólida o semisólida formada por el amasado de derivados del trigo u otras harinas sustitutas junto con otros ingredientes adecuados para el consumo humano y se clasifica de la siguiente manera:

Saladas: Galletas que tiene un sabor predominante salado.

Dulces: Galletas que tienen un sabor predominantemente dulce.

Rellenas: Galletas que contiene en su interior uno o más rellenos.

Bañadas o con cobertura: Galleta que podrá estar bañada parcial o totalmente por diferentes tipos de coberturas.

La Norma Técnica Peruana NTP 206.001:2016 señala que, para la producción de galletas, es necesario que estén elaboradas a partir de ingredientes saludables y limpios, exentos de cualquier tipo de impureza y en óptimas condiciones de conservación. Se permite la utilización de colorantes naturales y artificiales. Asimismo, se encuentra autorizado el empleo de aditivos en cantidades máximas permitidas de acuerdo con las prácticas adecuadas de fabricación. Entre estos aditivos se incluyen los emulsionantes y/o estabilizantes, como la lecitina, en una proporción máxima del 2%, así como los espesantes, como la clara de huevo, en una proporción máxima del 2%. También se permiten conservantes, tales como el ácido propiónico y sus sales de calcio y sodio, así como el ácido sórbico y sus sales alcalinas, entre otros.

2.3.4. Insumos para elaboración de galletas

La elaboración de galletas implica la selección adecuada de ingredientes que afectarán tanto la calidad sensorial como las características tecnológicas del producto final. A continuación, se describen los insumos comúnmente utilizados en la preparación de galletas: Harina de trigo, margarina, azúcar, maicena y zumo de maracuyá, basándonos en investigaciones científicas.

Harina de trigo: La harina de trigo es el componente esencial en la producción de productos de panadería, ya que tiene la capacidad de crear una estructura viscoelástica durante la fermentación de la masa. No obstante, se busca satisfacer la demanda de productos sin gluten para aquellos con restricciones alimenticias, como alergias, intolerancias o sensibilidad al trigo (Morales y Silva, 2023). Una tendencia actual en nutrición, respaldada por organismos globales, es el consumo de alimentos funcionales, motivado por preocupaciones de salud como la enfermedad celíaca, la diabetes y las enfermedades coronarias,

relacionadas con el consumo de trigo (Noah y Adedeji, 2021). La harina es un componente esencial en la fabricación de galletas, derivado del endospermo del trigo que comprende un 85% del grano, mientras que el salvado y el germen representan un 13% y 2%, respectivamente. El proceso de elaboración de galletas implica el uso de harina de trigo refinada, principalmente del endospermo. La elección de la harina varía según el tipo de galleta: las variedades de masa corta requieren harina débil (con 7-9% de gluten), las de masa dura utilizan harina fuerte (con 9-11% de gluten), y las de masa fermentada también emplean harina fuerte; las harinas para galletas se caracterizan por su bajo contenido de proteínas y de almidón (Misra y Tiwari, 2014).

Margarina: es un alimento con propiedades nutricionales y sensoriales diferentes a las de la mantequilla. Es elaborada principalmente a partir de grasas vegetales y otros ingredientes, utilizando diversos aceites vegetales como soja, palma o girasol. Su versatilidad le permite adaptarse a las preferencias y necesidades de los consumidores, ajustando el contenido de grasa para obtener diferentes texturas y consistencias en los productos finales (Morris y Vaisey, 2003). En la industria de alimentos horneados, la grasa desempeña múltiples funciones esenciales según Marangoni et al. (2014), actúa lubricando, debilitando y acortando la estructura de los componentes alimentarios para lograr texturas deseadas en el producto final. Además, proporciona suavidad, sabor y sensación en boca, mientras acorta la red de gluten en la masa. Facilita la manipulación de la masa durante el horneado y mejora su manejabilidad. La grasa incrementa el punto de fusión, resultando particularmente útil para productos resistentes al calor, y extiende la vida útil del producto al mantener su calidad con el tiempo. Su fracción aceitosa proporciona una sensación húmeda en la boca y una mordida tierna, mientras que la fracción sólida estructura la masa. Asimismo, en masas laminadas preserva la estructura y crea texturas, contribuye a la aireación en el horneado y sus propiedades lipídicas afectan la calidad del producto en aspectos micro y macroscópicos.

Azúcar: El azúcar es uno de los ingredientes principales en la preparación de galletas. Además de proporcionar dulzor, desempeña un papel fundamental en la estructura y textura de las galletas al afectar la retención de agua, la caramelización y la formación de color durante el proceso de horneado. Se ha observado que el azúcar también influye en la suavidad, el volumen y la expansión de las galletas (Van Der Sman y Renzetti, 2018). Según Mariotti y Lucisano (2014), contribuye a la textura y ternura al retener agua en la masa, mejora el leudado al permitir la incorporación y retención de aire, acelera la fermentación de la levadura al proporcionar un sustrato inmediato, estabiliza las burbujas de aire al batir con otros ingredientes, aporta color y sabor deseables mediante la reacción de Maillard, y actúa como

humectante, extendiendo la vida útil al prevenir la migración de agua y reducir la actividad de agua que retarda el crecimiento de microorganismos.

Maicena: En la elaboración de galletas, la maicena puede mejorar la textura, la suavidad y la retención de humedad; tiende a reducir la propagación de la masa durante el horneado, lo que contribuye a obtener galletas con una forma más definida (Azaripour y Abbasi, 2019). Según Le-Bail et al. (2018), actúa como un componente clave en la formación y expansión de productos como galletas y bizcochos. Su gelatinización durante la cocción contribuye al aumento de volumen y a la creación de una estructura porosa en el producto final; mejora la retención de agua, manteniendo la humedad y la jugosidad en los productos horneados, evitando la sequedad; influye en la textura y la consistencia al aportar viscosidad y cohesión a la masa. En términos de características sensoriales, la maicena puede contribuir al color, el sabor y la sensación en boca debido a reacciones de Maillard y procesos de caramelización.

Agua: Según Chieh (2014), en el ámbito de la repostería y el horneado, el agua juega un papel esencial y versátil al interactuar a nivel molecular con otros componentes, lo que determina características concretas como la textura, el sabor, el aroma y otras cualidades de los productos finales. Su importancia radica en su habilidad para interactuar tanto con ingredientes hidrofílicos como hidrofóbicos, además de participar en reacciones químicas fundamentales durante el proceso de cocción. La hidratación del agua facilita la formación de enlaces y estructuras entre proteínas y almidones, contribuyendo a la cohesión y la consistencia adecuada de la masa. Además, actúa como un solvente eficiente, distribuye uniformemente ingredientes como azúcares y sales, y su capacidad para transferir calor influye en la cocción uniforme de los productos horneados.

2.4. Propiedades físicas texturales

Las propiedades físicas texturales se refieren al análisis de perfil de textura instrumental (TPA) como se muestra en la Figura 2, una extensión de las pruebas imitativas, que significa que imitan las evaluaciones humanas. El TPA instrumental representa uno de los mayores avances en este tipo de pruebas imitativas, aunque en la literatura se menciona como Análisis de perfil de textura (TPA), es más preciso utilizar TPA instrumental, ya que esta prueba no involucra los sentidos humanos (Rahman et al., 2021).

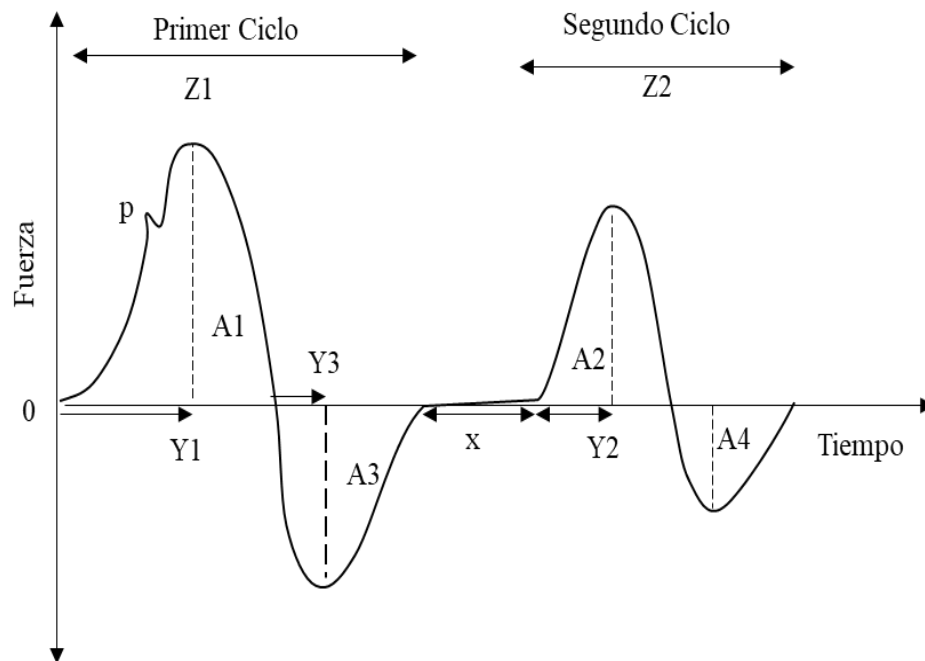


Figura 2. Gráfico típico de análisis de textura instrumental (TPA)

La descripción de la Figura 2 es la siguiente es: p: punto de fractura, Z1: Tiempo de los primeros ciclos de compresión y descompresión, Z2: Tiempo del segundo ciclo de compresión y descompresión, A1: Área del primer ciclo de compresión, A2: área del primer ciclo de descompresión, A3: Área del primer ciclo de descompresión, A4: Área del segundo ciclo de descompresión, Y1: Tiempo para llegar al pico del primer ciclo de compresión, Y2: Tiempo para alcanzar el pico del segundo ciclo de compresión, Y3: Tiempo para alcanzar el pico del primer ciclo de descompresión, x: tiempo de retraso entre el primero y el segundo ciclo de compresión-descompresión.

2.4.1. Dureza

La dureza se refiere a la máxima fuerza (es decir, la fuerza necesaria para lograr una determinada deformación) aplicada al área A1 durante el primer ciclo de compresión, que es visualizado como el primer mordisco como se observa en la Figura 3. Esta medida se expresa en Newtons. Varios autores la han denominado firmeza, término que ya existe en la clasificación textural. La magnitud de esta fuerza máxima puede volverse imprecisa cuando el émbolo fractura la muestra en fragmentos, y en tal caso, las condiciones de medición, como el tamaño de la muestra o la compresión, podrían ser ajustadas (Rosenthal, 1999).

Kasapis y Bannikova (2017) complementan este enfoque al conceptualizar la dureza como la máxima fuerza en cualquier punto del ciclo inicial de compresión. Este fenómeno puede manifestarse en la ruptura inicial del gel o en etapas subsiguientes, cuando la

muestra experimental deformación y aplanamiento. La dureza tiende a estar vinculada con la resistencia a la rotura y la integridad de la estructura en red del gel. En la curva fuerza/deformación del ciclo inicial de compresión, el primer descenso significativo, conocido como fragilidad, señala la primera fractura o quiebre en la muestra. Tras el ciclo inicial de compresión, la fuerza se disipa mientras la máquina retorna a su posición original, liberando la muestra de la carga aplicada. En conjunto, estos enfoques ofrecen una comprensión profunda de la dureza como atributo esencial en la evaluación de la textura de los alimentos.

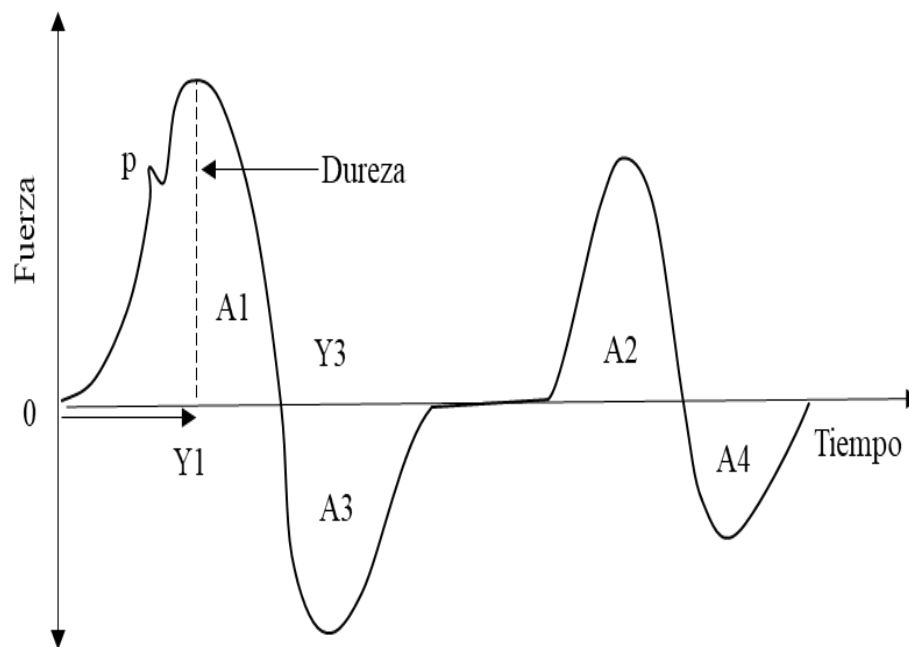


Figura 3. Definición instrumental del parámetro dureza

2.4.2. Cohesividad.

La cohesión se define como la relación entre el área de fuerza positiva durante la segunda compresión y la primera compresión ($CO = A2/A1$), tal como se ilustra en la Figura 4, lo que representa la fuerza de los vínculos internos dentro del alimento. A diferencia de sensaciones únicas como la dureza o fragilidad, la cohesividad es un atributo complejo, ya que el área de integración mide la potencia necesaria para imponer esa fuerza a velocidad constante, obteniendo valores altos de cohesividad que indican muestras resistentes y difíciles de romper en la boca (Rahman et al., 2021).

La cohesividad se origina de la observación de la fuerza de tracción sucedido durante la primera como la segunda compresión. Cuando una muestra se compacta de manera más eficiente, también se mantiene más limpia la sonda de visualización. Por lo general, la comparación con la fragilidad, la masticabilidad y la adhesión, la cohesión se considera un parámetro menos destacado (Pons y Fiszman, 1996). La cohesividad se manifiesta como un

atributo esencial relacionado con la energía requerida durante la segunda compresión. Su análisis proporciona información detallada sobre la desmenuzabilidad sensorial y las percepciones asociadas con la densidad y la energía necesaria para masticar el alimento. En conjunto, estas perspectivas enriquecen nuestra comprensión de la cohesividad y su papel esencial en la evaluación de la textura de los alimentos (Fizman et al., 2013).

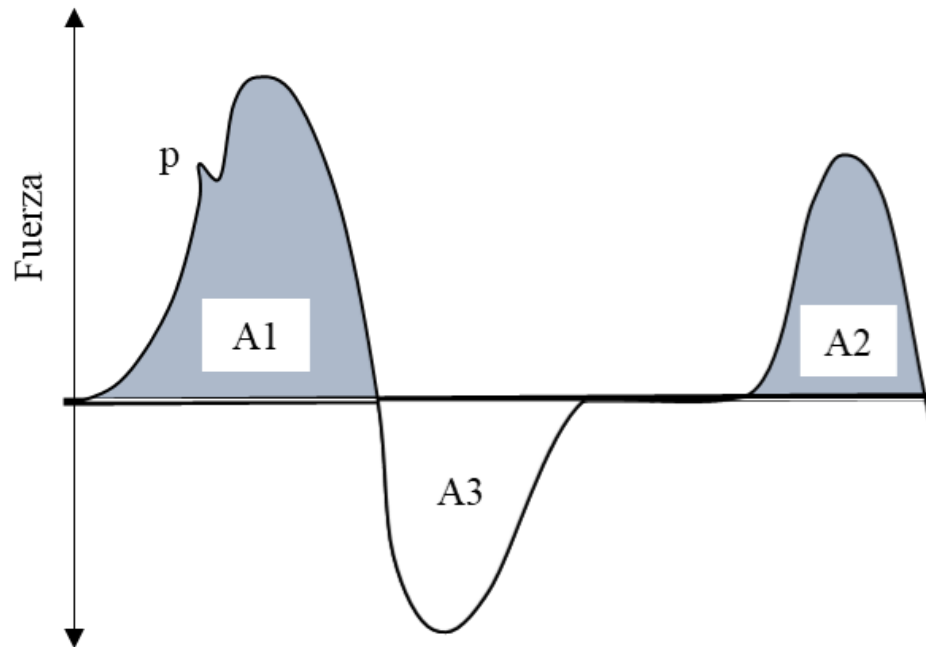


Figura 4. Definición instrumental del parámetro de la cohesividad

2.4.3. Fracturabilidad.

La fracturabilidad (FR) se define como la fuerza observada en la primera ruptura significativa en la curva, representada como un pequeño pico en la Figura 5 originalmente denominada fragilidad, se expresa en unidades Newton y corresponde a un cambio abrupto en la dirección debido a la fractura inicial de la muestra o la formación de grietas, desmoronamientos o fragmentaciones en su estructura; en muchos casos, se le conoce como punto de rendimiento o punto de biorendimiento (Rahman et al., 2021).

Inicialmente según Pons y Fizman (1996) reportan que denominaron a este parámetro "fragilidad" y lo definieron como "la fuerza con la que el material se fractura", relacionándolo con la dureza y la cohesión. Posteriormente, adoptaron el término "fracturabilidad", que es ampliamente aceptado. Esta característica se evalúa principalmente en tejidos vegetales turgentes, como frutas y verduras, así como en productos de baja humedad. En sistemas vegetales, se vincula con la ruptura de la piel externa. Es relevante mencionar que, en muchos casos, junto con las pruebas de TPA sin ruptura de muestra, se realiza una prueba

de compresión simple hasta la ruptura para obtener medidas como la fuerza, deformación y trabajo de ruptura. Por lo tanto, fracturabilidad refleja la facilidad con la que los alimentos se rompen y logran su adaptabilidad a diversas texturas, siendo un indicador importante en la evaluación de las propiedades sensoriales y de textura de los alimentos.

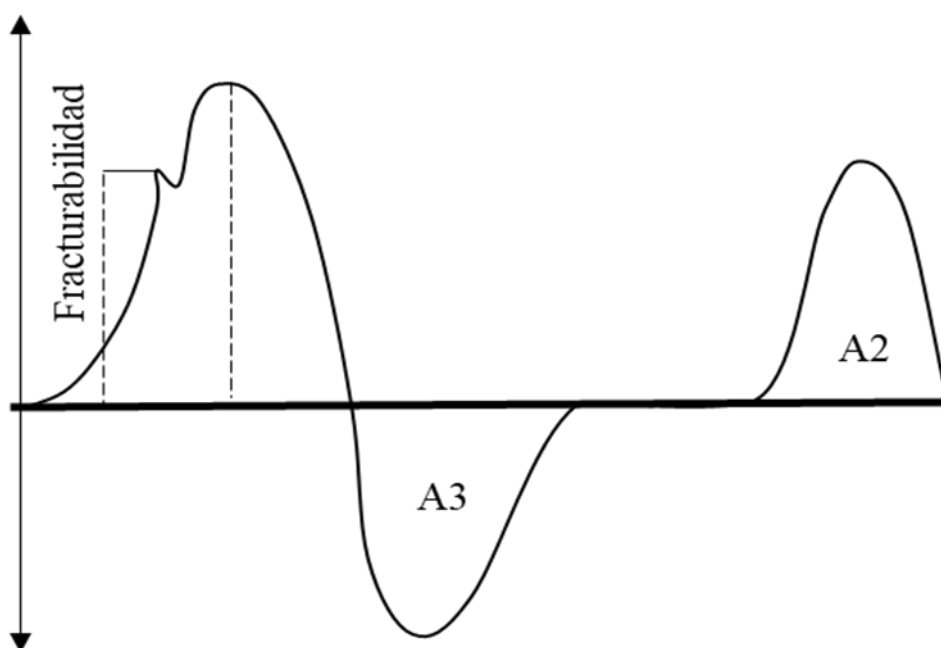


Figura 5. Definición instrumental del parámetro de la fracturabilidad

2.4.4. Elasticidad.

Según Rahman et al. (2021), la elasticidad se refiere a la capacidad de recuperación después de la primera compresión y representa el tiempo transcurrido entre el final del primer bocado y el inicio del segundo. La definición original de elasticidad se basó en la longitud 2 ($SP1 = Y2$) se puede apreciar en la Figura 6. Luego, la elasticidad fue modificada al considerar la distancia de altura detectada en la segunda penetración dividida por la penetración original ($SP2 = Y2/Y1$). Al expresar la elasticidad como una proporción de su longitud original, se facilitan comparaciones entre diversas muestras y productos.

La elasticidad, como parámetro fundamental, revela la capacidad de la muestra para recuperar su altura entre el tiempo anterior al final del primer ciclo de compresión, cuando la sonda comienza a elevarse, y el inicio del segundo ciclo. Este atributo está estrechamente ligado a la frescura y aireación del producto (Fizman et al. (2013). La elasticidad se determina por la deformación recuperable e irreparable del material, resultado de las propiedades mecánicas y las condiciones de prueba en combinación (Jonkers et al., 2021). Una mayor elasticidad implica una mayor resistencia a la masticación en la boca, lo que demanda más energía (Chandra y Shamasundar, 2014).

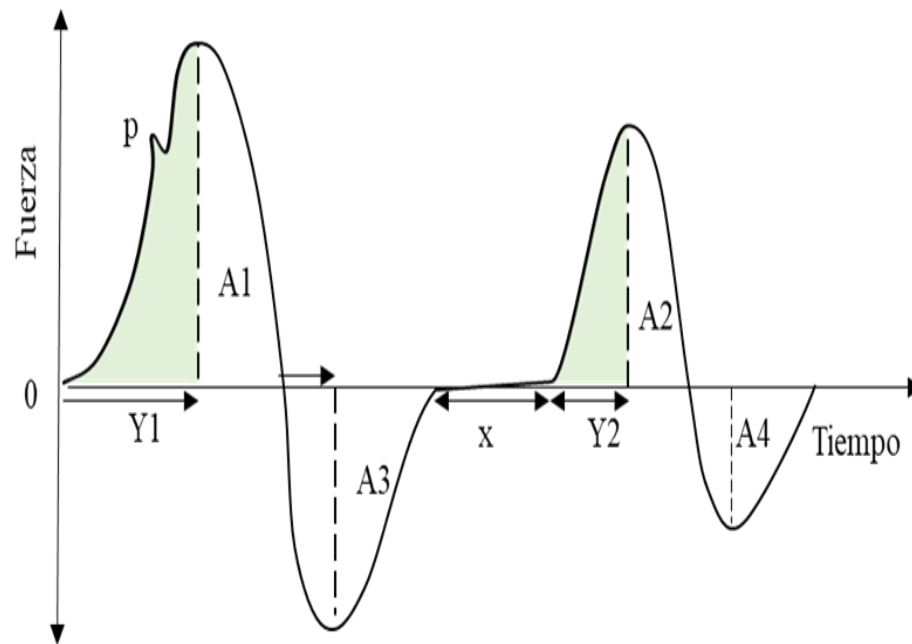


Figura 6. Definición instrumental del parámetro de la elasticidad

2.4.5. Gomosidad.

La gomosidad se obtiene multiplicando la dureza por la cohesividad ($CO=A2/A1$) y se refiere a la energía necesaria para desintegrar una muestra semisólida para que esté lista para ser deglutida (Kasapis y Bannikova, 2017). Este atributo está relacionado con los valores de dureza, siendo más pronunciado en alimentos con mayor dureza. Es característico de los alimentos semisólidos con baja dureza y alta cohesividad. La gomosidad es relevante en productos con baja dureza y en la evaluación sensorial de la gomosidad implica colocar la muestra en la boca, manipularla con la lengua contra el paladar y valorar la cantidad de manipulación necesaria antes de que el alimento se desintegre. Esta interacción entre la percepción sensorial y la medición instrumental amplía la comprensión de la gomosidad como atributo esencial en los alimentos semisólidos (Chandra y Shamasundar, 2014; Nishinari y Fang, 2018; Lewis, 2023).

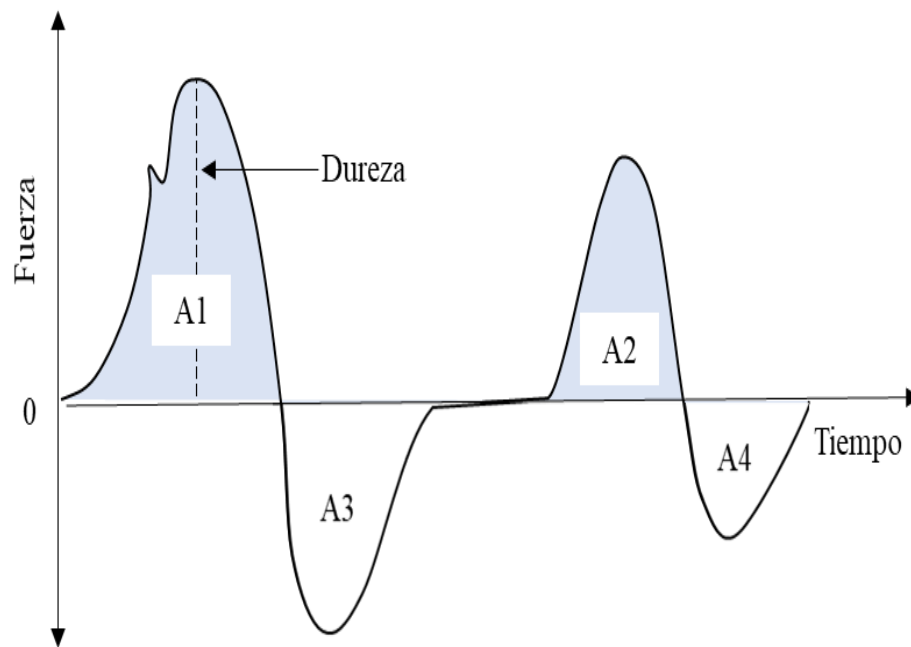


Figura 7. Definición instrumental del parámetro de la gomosidad

2.4.6. Masticabilidad.

La masticabilidad es una medida de la energía necesaria para masticar un alimento sólido hasta el punto adecuado para ser deglutido y es el resultado de multiplicar la gomosidad y la elasticidad (Peleg, 2019). Este parámetro está relacionado con la dificultad de masticación y su vínculo con materiales duros, cohesivos y elásticos es evidente (Bogdan et al., 2023). En conjunto, la masticabilidad se erige como una métrica esencial que capta la intrincada interacción entre la textura y el proceso de masticación en alimentos sólidos (Chandra y Shamasundar, 2014). Pematilleke et al. (2021) profundiza en el enfoque instrumental de la masticabilidad, argumentando que es un producto de la dureza, cohesividad y elasticidad, generando un patrón que se asemeja a la dureza debido a su variabilidad comparativa, mientras que, en el ámbito sensorial, se evalúa por el número de masticaciones requeridas antes de la deglución. Esta característica según Dong et al. (2020) es especialmente relevante en la evaluación de alimentos sólidos, involucrando diversas fuerzas y acciones como compresión, corte, perforación, trituración, desgarre y lubricación por la saliva a temperatura corporal.

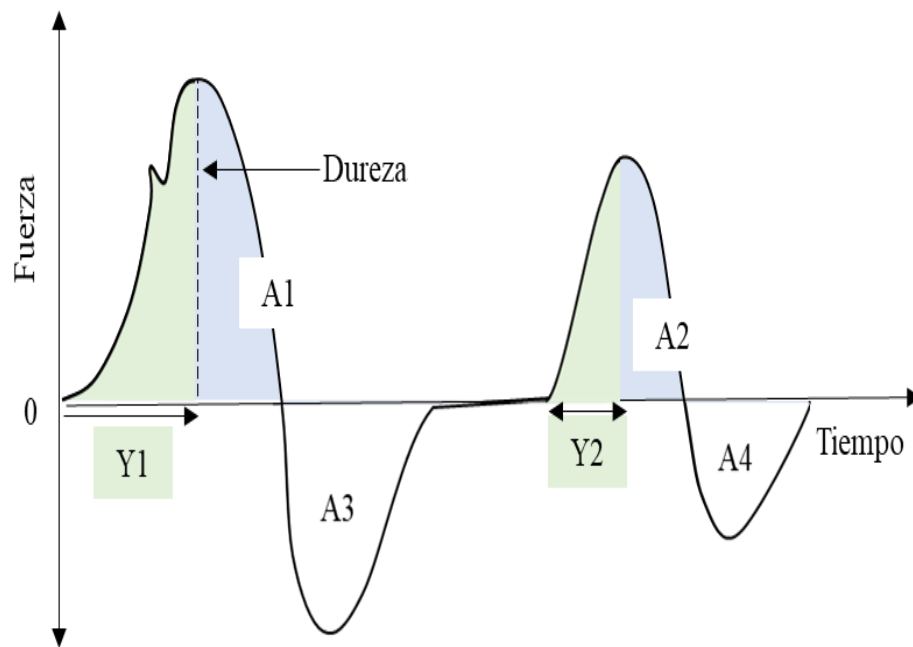


Figura 8. Definición instrumental del parámetro de la masticabilidad

2.5. Propiedades sensoriales

La evaluación sensorial surgió en la década de los años 40 como respuesta a la subjetividad en la evaluación de alimentos en el mercado. Antes de la revolución industrial, la selección de características de los alimentos se basaba en el gusto del fabricante y su conocimiento del consumidor. Con el crecimiento de la producción y variedad de productos, se necesitaron metodologías objetivas para obtener conclusiones precisas. Así, se desarrollaron metodologías sensoriales basadas en los sentidos humanos y se integraron otras ciencias como la psicología, la química y las matemáticas para mejorar la evaluación de alimentos y materiales (Severiano, 2019).

El origen del análisis "sensorial" organizado se remonta a los esfuerzos de guerra para proporcionar alimentos aceptables a las fuerzas estadounidenses y el desarrollo de la prueba del Triángulo en Escandinavia. El Departamento de Ciencias de los Alimentos de la Universidad de California en Davis desempeñó un papel importante en el avance de las metodologías de pruebas sensoriales (Meilgaard et al., 2015). Las propiedades sensoriales de los alimentos están altamente influenciadas por características como sabor, el olor, la textura y la apariencia visual. La selección y el consumo de alimentos desempeñan un papel crucial en la regulación del apetito humano y la ingesta de nutrientes (Chakraborty y Das, 2019).

El análisis sensorial, según Sheikha (2021), es una metodología fundamental en la evaluación de productos alimenticios, ya que va más allá de la seguridad y valor nutricional,

incidiendo en la alta calidad organoléptica. Se aplican técnicas para medir las respuestas humanas ante propiedades sensoriales como apariencia, aroma, sabor y textura, factores clave en la excelencia y autenticidad de los alimentos. Para llevar a cabo estas pruebas, se requiere personal capacitado, replicación precisa y análisis estadísticos exhaustivos. A pesar de la relevancia de los paneles sensoriales tradicionales, se están explorando enfoques instrumentales modernos que imitan la percepción humana, ejemplos notables son la nariz electrónica, lengua y ojo electrónicos. Estos avances buscan una evaluación más sofisticada y realista de los atributos sensoriales.

Sabor: el sabor de los alimentos es una composición de una gran cantidad de moléculas. La determinación del sabor de los alimentos es compleja, ya que no todos los componentes tienen una contribución igual a la percepción general, y algunas interacciones pueden unir los compuestos aromáticos. Además, también existen compuestos no volátiles que participan en la formación del sabor, como la sal y el ácido láctico en el pan (Starowicz y Zieliński, 2019). El sentido del gusto se experimenta a través de las papilas gustativas en la lengua. Esta última es un órgano musculoso que, además de su función gustativa, participa en la deglución y la articulación de las palabras. El sabor percibido en realidad es una combinación de gustos, olores y texturas. La lengua contiene receptores químicos en las papilas que detectan los estímulos gustativos (Carretero, 2014). El gusto de los alimentos se detecta en las papilas, y el sabor es una combinación de gusto y aroma. Los sabores son salado, dulce, amargo o ácido. El picante y el alcohólico son sensaciones, no sabores (Flores, 2015).

Textura: Según Pascua et al. (2013), la textura es uno de los factores más importantes que determinan la elección de los alimentos, especialmente para aquellos con texturas semi-sólidas o sólidas. A diferencia del aroma y el sabor, donde las sensaciones están asociadas con estructuras moleculares específicas, la textura de los alimentos es una propiedad cognitiva que asignamos a los alimentos en función de cómo nuestros sentidos interactúan con ellos a través de la vista, el tacto y el procesamiento oral. Se define como todas las características mecánicas, geométricas y superficiales de un producto perceptibles mediante respuestas mecánicas, táctiles y, cuando corresponda, visuales y auditivas. La textura es una propiedad sensorial de los alimentos que es percibida por los humanos, posiblemente involucrando varios sentidos.

Heidenreich et al. (2004) afirman que la percepción de la textura crujiente en los productos de snack secos se debe a la combinación de sensaciones táctiles, cinestésicas, visuales y auditivas. La crujencia es un atributo clave en la evaluación de snacks, y está asociada a la

rápida disminución de la fuerza durante la masticación, debido a la propagación de la fractura en materiales frágiles (Vincent, 1998).

Dulzor: es un atributo del gusto percibido, que se asocia tanto en un sentido metafórico como literal con lo agradable. Además, no se refiere a la composición fisicoquímica de los alimentos, sino a la percepción gustativa, influenciada por la estimulación de los receptores gustativos. Su importancia radica en su papel en la regulación de la conducta alimentaria y elección de alimentos. Es percibido al colocar una cantidad suficiente de una sustancia dulce en la lengua o en algunos puntos del paladar o la garganta (Frijters, 1987). Por otro lado, según Temussi, (2007) explica que el sabor dulce desempeña un papel fundamental en la preferencia alimentaria humana, ya que la mayoría de las personas responden positivamente a la sensación de dulzura, una inclinación que se desarrolla desde la infancia y, además, Severiano P. (2019) afirma que el gusto dulce tiene la capacidad de enmascarar el gusto amargo por esto puede explicar por qué muchas personas agregan azúcar al café sin saberlo.

Aceptabilidad: La aceptabilidad de los alimentos es subjetiva y está influenciada por una variedad de factores, incluyendo las características sensoriales del alimento, la experiencia previa con él, las expectativas, el entorno en que se consume, la cultura, el estado físico y otras variables relacionadas con el individuo, el alimento y el contexto de consumo (Nurfirdausi et al., 2023). En la actualidad, la evaluación sensorial de los productos alimenticios ha ganado considerable atención en la industria alimentaria. Esto se debe a la preferencia de los consumidores por alimentos que aseguren una aceptación y satisfacción general. Con el aumento de la reflexión de los consumidores sobre propiedades sensoriales como el color, la textura y el sabor, la industria alimentaria se enfrenta a la necesidad de determinar la aceptabilidad global de un alimento y definir las características sensoriales clave. Por lo tanto, es evidente la necesidad de desarrollar métodos de evaluación sensorial rápidos y confiables (Özdoğan et al., 2021).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en los siguientes laboratorios de la Universidad Nacional Agraria De la Selva: Laboratorio Central de Investigación, Análisis de Alimentos, Química y Bioquímica. La evaluación sensorial de las galletas se realizó en la Institución Educativa Gómez Arias Dávila, ubicados en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco a una altitud de 660 m.s.n.m; 09°17' 08" de Latitud sur, 75° 59' 52" de latitud oeste, con clima tropical húmedo, humedad relativa media 84% y una temperatura promedio anual de $24,7 \pm 3,3$ °C. Las evaluaciones del color y análisis de perfil de textura se realizaron en el laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán ubicado en el distrito de Pillco Marca, provincia de Huánuco, región Huánuco a una altitud de 1947 m.s.n.m; 09° 55' 43" latitud sur, 76° 18' 34" latitud oeste, con clima semiseco, templado, humedad relativa media 65,6% y temperatura promedio anual de 14,6 °C.

3.2. Materia prima

Frutos de maracuyá cosechados en el mes de enero en el fundo “Anda” con dos años de cultivo en un área de 200 m² ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán provincia Leoncio Prado, región Huánuco, latitud 1691 m.s.n.m; 9° 9' 9" latitud Sur y longitud 75° 49' 34" Oeste, clima húmedo, caluroso, temperatura promedio anual de 23°C y precipitación media anual de 16 mm.

3.3. Equipos, materiales y reactivos

3.3.1. Equipos

Balanza Analítica, Sartorius, Modelo BI210s, Alemania; Estufa eléctrica, MMM Group, modelo EC 55 ECO; Picadora, Thomas, modelo TH- 9005V, Alemania; Molinillo, DSP, modelo KA3001, China; pH-meter, Thermo Scientific, modelo Orion Star A215, EE. UU.; Fiber Analyzer, Ankom, modelo Ankom200, U.S.A.; Centrífuga, Hettich, modelo EBA20, Alemania; Balanza analítica, Ohaus, AR2140, U.S.A.; Espectrofotómetro UV-Visible, Genesys 150; Vortex, Genie2, modelo SI-0256, U.S.A.; Colorímetro, Konica Minolta, modelo CR 400, Japón., Texturómetro, Brookfield, modelo CT3 25K, U.S.A., Centrifuga, Eppendorf, modelo 5424 R, Alemania; Equipo Soxhlet, Gerhardt, modelo EV6 AII/16, Alemania.

3.3.2. Materiales:

Papel filtro, Whatman, N°40, Ø 125 mm, , Tamiz, Tyler, N° 100, Ø 150µm; Bolsas de filtro, Ankom, F57, Ø 25µ; Vasos precipitados, Huaou LBT, 10, 50, 100, 250 y 1 000 mL; Cubetas de cuarzo, Metler Toledo, 3,5 mL, 12,5 mm x 45mm x 12,5mm; Cubetas de poliestireno, Isolab 1,5 mL, (12,5 x 12,5 x 45 mm); Crisol, Haldenwanger, Ø 35mm, h 44mm; Placa Petri, Kimax, K-23003, 100x15 mm; Matraz Kjeldahl, Kimax, 100mL; Campana de desecador, Eisco, Ø25 cm, 1,27 cm de grosor.

3.3.3. Reactivos:

Ácido sulfúrico, Merck, 95-97%, Alemania; Buffer, Thermo Scientific, pH 4,01 y 7,00; Folin Ciocalteu, Himdia, 2N, India; Hidróxido de sodio, Scharlau, 97%, Alemania; Hipoclorito de Sodio, Daryza, 5,5%, Perú; Carbonato de sodio, Scharlau, 99,8%, Alemania.; Acido gálico, CDH, 98%, India; Ácido bórico, CDH, 4%, India; Acenota, Fischer Scientific, 99,5%, U.K.

3.4. Métodos de análisis

- Análisis fisicoquímico: Humedad, proteína, grasa y cenizas métodos utilizados por Devi et al. (2018), Fibra cruda (Komarek et al., 1996), carbohidratos (Huatuco et al., 2020), pH (Cardoso et al.,2019), acidez titulable por Kasaye (2018) y color por Macedo et al. (2023).

- Análisis Capacidad de retención de agua y de aceite, método prepuesto por Chaparro et al. (2012).

- Fenoles totales propuesto por Schneider et al. (2020).

- Carotenoides totales propuesto por Sumanta et al. (2014).

- Perfil de textura en galletas según Pineli et al. (2015).

- Color en galletas según De Simas et al. (2009).

- Evaluación sensorial en galletas método propuesto por Melese y Keyata (2022)

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Elaboración de harina de cáscara de maracuyá

La cosecha de maracuyá se realizó utilizando unas tijeras separando el pedúnculo del tallo, los frutos fueron colocados en canastas para una mejor manipulación y para transportarlos al laboratorio fueron colocados en cajas térmicas. Se realizó la selección para descartar frutos defectuosos, se lavó por inmersión en agua con hipoclorito de sodio a 200 ppm, se enjuagó para retirar los restos del desinfectante, se dejó orear para luego cortar por la mitad

al maracuyá y retirar la pulpa y las semillas, la cáscara (exocarpio y mesocarpio) fueron cortados de forma manual con un cuchillo, en cuadraditos de aproximadamente 1 cm x 1 cm, se colocó en las bandejas para ser secado a 60 °C por 24 horas hasta una humedad constante de 4,6% (Reis et al., 2018a), seguidamente se molió y tamizó con un tamiz Tyler número 100 (150 µm), se guardó en un envase de vidrio oscuro con tapa rosca en refrigeración.



Figura 9. Preparación de la muestra

3.5.2. Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de maracuyá.

Humedad: Se añadió en un crisol previamente pesado 3 g de muestra, los mismos que fueron colocados en una estufa a una temperatura de 70 °C por 24 h, se retiró el crisol a un desecador por 10 a 15 minutos y fue pesado, para el cálculo se utilizó la ecuación 1.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso en el secado}}{\text{Peso muestra}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Proteína total: Se pesó aproximadamente 0,1 g de muestra (C), se colocó en el matraz Kjeldahl y se agregó 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado, fue sometido a ebullición hasta que la solución se tornó verde transparente, se dejó enfriar y se adicionó poco a poco alrededor de 90 mL de agua destilada, se agregó 20 mL de ácido bórico al 2% y 3 gotas de indicador, se procedió a mezclar adicionando 5 mL de solución de hidróxido de sodio al 50% que contenía fenolftaleína. El matraz fue conectado para la destilación, al culminar se removió

y se anotó el gasto de la titulación con la solución estándar de ácido clorhídrico (A) a 0,0399 N (B). Con los datos se calculó el porcentaje de nitrógeno (Ecuación 2). El porcentaje de proteína se calculó considerando el porcentaje de nitrógeno utilizando el factor 5,75 (De Albuquerque et al., 2020) con la ecuación 3.

$$\% \text{ Nitrogeno} = \left[\left(\frac{A \times B}{C} \right) \times 0,014 \right] \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\% \text{ Proteína total} = \% \text{ nitrogeno} \times 5,75 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Grasa: Según el método de extracción Soxhlet, se registró el peso de un balón limpio seco y frío, luego en un papel filtro (Whatman N°40 ; Ø125 mm) se pesó aproximadamente 3 g de muestra, se envolvió el papel (cartucho) y fue colocado dentro del equipo Soxhlet para agregar hexano (150 mL), se conectó una plancha eléctrica en la parte inferior del balón y se llevó a ebullición en el aparato Soxhlet conectado a un sistema de refrigeración (agua), el proceso duró aproximadamente 3 horas, se retiró el balón con una pinza y se colocó en una estufa para evaporar el hexano a 100 °C, seguidamente se colocó en un desecador y se registró el peso del balón con grasa, para el cálculo se utilizó la Ecuación 4.

$$\% \text{ Grasa} = \left(\frac{\text{Peso del balón con grasa} - \text{Peso del balón limpio y seco}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \right) \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Cenizas: Los crisoles fueron secados a 500 °C durante una hora y pesados (peso de crisol); seguidamente se pesó aproximadamente un gramo de muestra y se colocó en horno a 550 °C hasta obtener una ceniza blanca, finalmente fue enfriado y pesado (peso de crisol + cenizas) para los cálculos se utilizó la ecuación 5.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{Peso de Crisol} + \text{ cenizas}) - (\text{ peso de crisol})}{\text{ peso muestra}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Fibra cruda: Se pesó cada filtro (W1) se adicionó 1±0,05 g de muestra y se registró el peso (W2), se sellaron los filtros para encapsular la muestra y se incluyó un filtro vacío para determinar la corrección del blanco (C1), luego se puso las muestras en las canastillas y se introdujo al vaso de digestión, se añadió 2000 mL de ácido sulfúrico (0,255 N) se prendió el equipo con la opción de agitación y calor y se programó por un tiempo de 40 minutos concluido se drenó la solución acida y se enjugó con agua caliente entre 50 a 90°C por 5 minutos con agitación y se repitió 2 veces el enjuague, luego se agregó 2000 mL de solución básica (0,313N NaOH), se volvió a poner la opción en el equipo de agitación y calor para volver a

programar por 40 minutos cerrar el vaso de digestión y se comenzó el proceso, finalizada la extracción se abrió la válvula de drenaje y se eliminó la solución caliente. Seguidamente se enjuagó con el agitador encendido y la tapa abierta unas 3 veces, finalizando el enjuague se removió las muestras para eliminar el agua adherida en los filtros colocando dentro de un vaso precipitado de 250 mL, se adicionó acetona hasta cubrir todas las muestras, luego y se dejó remojar por 5 minutos a temperatura ambiente (26 ± 2 °C), las muestras se dejaron sobre un papel absorbente para que se aireen y se trasladó las muestras a una estufa a 105 ± 2 °C por unas 2 a 4 horas. Luego se colocó en un desecador por 30 minutos para enfriar y pesar los filtros, finalmente se traspasó a un crisol previamente pesado y marcado para colocar las muestras con todo el filtro, se calcinó a 600 °C por 2 horas, se enfrió en un desecador, y se registró el peso la pérdida de materia orgánica (W3) con los datos se calculó el porcentaje de fibra cruda según la ecuación 6.

$$\% \text{Fibra cruda} = \frac{100 \times (W3 - (W1 \times C1))}{W2} \times 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Carbohidratos: por el método de diferencia según la ecuación 7.

$$\text{Carbohidrato} = 100 - (\%H + \%C + \%P + \%G + \%FC) \quad (\text{Ecuación 7})$$

H= humedad, C= cenizas, P= proteína, G=grasa, FC= fibra cruda

Acidez titulable: Se maceró 5 g de la muestra (W) de harina durante 30 minutos en un vaso precipitado con 50 mL de agua destilada. Se utilizó un volumen conocido de agua para la dilución adicional con el fin de hidrolizar todos los ácidos de la muestra, el agua que se utilizó para la dilución se valoró (blanco). Antes de la titulación de la muestra, se añadió tres gotas de indicador de fenolftaleína al 1% a la muestra, se tituló con NaOH a 0,1 N, para llegar al punto final fue cuando la dispersión con color amarillento cambió a color violeta, se anotó el gasto (V). El resultado de la acidez titulable se calculó según la ecuación 8 como porcentaje de ácido cítrico ($192,124$ g/mol = PmE).

$$\% \text{Acidez titulable} = \frac{(V \times N \times PmE)}{W} \times 100 \quad (\text{Ecuación 8})$$

pH: Se calibró el pHmetro con buffer 4,01 se sumergió el electrodo luego se lavó con agua destilada y se sumergió en el segundo buffer 7. La muestra se preparó mezclando aproximadamente 1 g de muestra de harina de cáscara de maracuyá en 10 mL de agua destilada y se pasó a realizar la lectura de pH a una temperatura de 27 °C.

Color: Se utilizó el colorímetro Konica Minolta CR-400, la calibración se realizó utilizando una placa blanca de Konica Minolta, luego se puso la muestra en un depósito oscuro y se realizó las lecturas con un ángulo de inclinación de 2° , se determinó la luminosidad L^* ($L= 100$ blanco y $L= 0$ negro), croma a^* (cromaticidad verde = -60 y rojo= +60), croma b^* (croma azul = -60 y amarillo = +60).

3.5.3. Determinación de las propiedades funcionales de la harina de cáscara de maracuyá.

Capacidad de retención de agua (CRA): Se mezcló un gramo de muestra en 10 mL de agua destilada se agitó por 30 s manualmente y luego se dejó incubar por 24 h a temperatura ambiente ($26 \pm 2^\circ\text{C}$), la mezcla se centrifugó a 2500 rpm por 30 minutos y se midió el volumen del sobrenadante; los resultados se expresaron en mL de agua /g de muestra.

Capacidad de retención de aceite (CRAc): Se mezcló un gramo de muestra en 10 mL de aceite de girasol (densidad 0,91 g/mL) se agitó manualmente por un minuto, se centrifugó a 2500 rpm por 30 minutos y finalmente se pesó el sobrenadante, los resultados se expresaron en g de aceite/g de muestra.

Fenoles Totales

Preparación del extracto: Se pesó 0,8 g de muestra, el cual se transfirió a un frasco de vidrio color ámbar y se adicionó 20 mL de solución hidroalcohólico (50:50, v/v) cuya concentración fue 40 mg/mL, se tapó herméticamente, se maceró por 24 h, se filtró y centrifugó a 1000 rpm/10 min a 4°C , el sobrenadante se almacenó en refrigeración hasta su análisis (Domínguez et al. 2022).

Preparación de la curva estándar: Se preparó una solución stock de 10 mL de ácido gálico a una concentración de 1 mg/mL a partir del cual se hicieron concentraciones de 1; 2,5; 5; 7,5 y 10 $\mu\text{g/mL}$. En una cubeta se agregó 100 μL de agua destilada (blanco) y en otras cubetas 100 μL (estándares con diferentes concentraciones), para la reacción se adicionó 500 μL de solución fenol Folin Ciocalteu (0,2 N), se incubó por 5 min a temperatura ambiente; se neutralizó la reacción agregando 400 μL de Na_2CO_3 (7,5%, w/v) y se almacenó por 2 h a temperatura ambiente en oscuridad. Las lecturas fueron leídas en un espectrofotómetro UV/VIS a 740 nm; con los resultados obtenidos se graficó la concentración vs absorbancia (Anexo I) y se procedió a determinar la ecuación y el coeficiente de correlación.

Análisis de la muestra: Se realizó partiendo del extracto hidroalcohólico 40 mg/mL, se preparó una dilución de trabajo (1/10), la reacción se realizó adicionando en las cubetas de poliestireno 100 μ L de extracto diluido, se mezcló con 500 μ L de solución fenol Folin Ciocalteu (0,2 N), después de 5 min se adicionó 400 μ L de Na_2CO_3 (7,5%, w/v) y se almacenó por 2 h a temperatura ambiente en oscuridad, se hizo la lectura en el espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 740 nm. Las absorbancias obtenidas fueron reemplazadas en la ecuación de la curva estándar y el contenido de fenoles totales fue expresada en mg de equivalente de ácido gálico (mgEAG)/g de muestra.

Carotenoides: Se tomó una muestra de 0,5 g de harina de cáscara de maracuyá y se homogeneizó con 10 mL de solvente (acetona 80%) en un vortex durante un minuto para obtener una mezcla homogénea, se centrifugó la mezcla a 10 000 rpm durante 15 minutos a 4 °C para separar la fase líquida y sólida; el sobrenadante resultante se transfirió a un matraz aforado de 10 mL y se completó el volumen con acetona 80%; se mezcló 0,5 mL de la solución resultante con 4,5 mL de acetona 80% para obtener una dilución adecuada para el análisis, previamente se realizó una cuantificación de clorofila en la muestra utilizando el mismo método descrito por el autor, para obtener la ecuación necesaria para la cuantificación de carotenoides. Debido que la clorofila y los carotenoides tienen espectros de absorción que se juntan en la región de longitud de onda de 400 - 500 nm, fue necesario determinar primero la concentración de clorofila (clorofila a y b) mediante las Ecuaciones 9 y 10; luego, se realizó la cuantificación de carotenoides utilizando un espectrofotómetro a longitud de onda de 470 nm y se aplicó la ecuación 11 para corregir la interferencia espectral en la cuantificación de carotenoides que estará expresada en μ g de carotenoides totales (μ g CT)/100 g de muestra.

$$\text{Ch-a} = 12,25A_{663,2} - 279A_{646,8} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$\text{Ch-b} = 21,5A_{646,8} - 5,1A_{663,2} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$C_{X+C} = (1000 A_{470} - 1,82C_a - 85,02 C_b) / 198 \quad (\text{Ecuación 11})$$

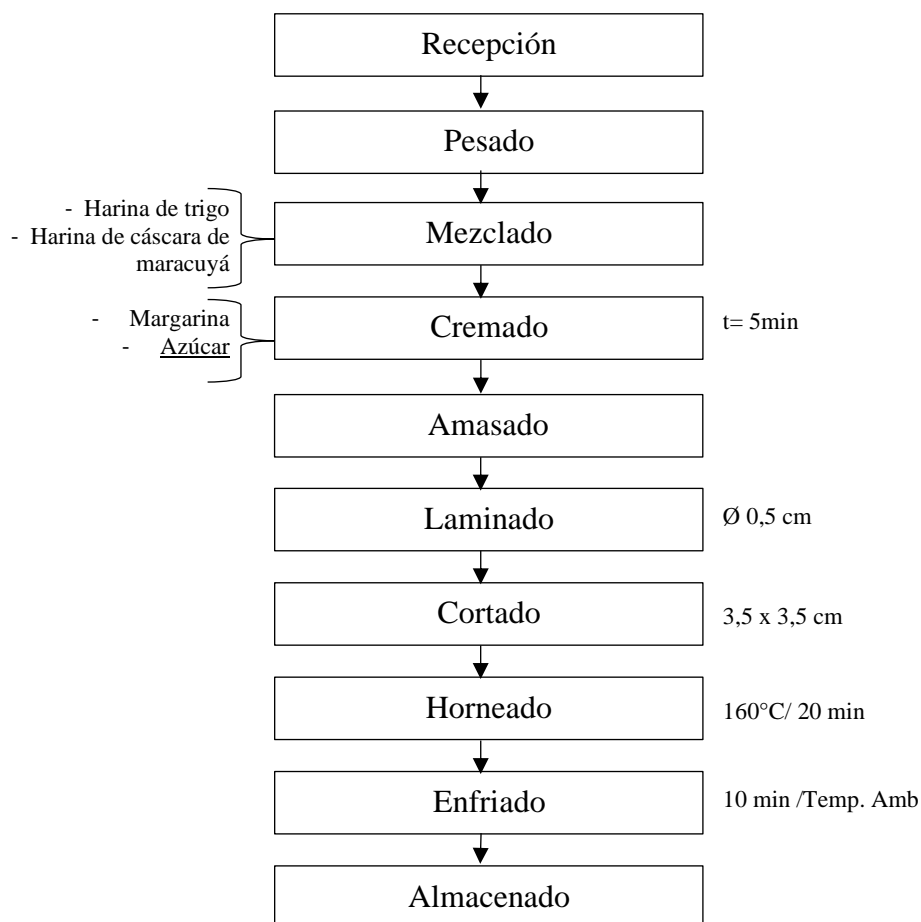
3.5.4. Elaboración de galletas con harina de cáscara de maracuyá

Para la formulación de las galletas se utilizó la metodología propuesta por Andrade et al. (2018) con algunas modificaciones como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Formulación de ingredientes para la preparación de las galletas

Ingredientes	T-0M	T-8M	T-10M	T-12M
Harina de trigo (g)	200	184	180	176
Harina de cáscara de maracuyá (g)	0	16	20	24
Margarina (g)	75	75	75	75
Azúcar (g)	41,6	41,6	41,6	41,6
Maicena (g)	21,2	21,2	21,2	21,2
Zumo de maracuyá (mL)	42	42	42	42

Fuente: Andrade et al. (2018); T-0M= control (0% de harina de cáscara de maracuyá); T-8M=8% de harina de cáscara de maracuyá; T-10M=10% de harina de cáscara de maracuyá; T-12M=12% de harina de cáscara de maracuyá.

**Figura 10.** Flujograma la elaboración de galletas con harina de cáscara de maracuyá

La elaboración de galleta se realizó mediante el procedimiento de Jose et al., (2022) con algunas modificaciones, en la Figura 10 se muestra el flujograma para la preparación de las galletas. Se recibieron la harina de cáscara de maracuyá, harina de trigo e insumos (margarina, azúcar, maicena y zumo de maracuyá). El pesado fue según la formulación indicada en la Tabla 3. En cada tratamiento se sustituyó la harina de trigo por harina de cáscara de

maracuyá en diferentes porcentajes (T-0M: 0%, T-8M: 8%, T-10M: 10% y T-12M: 12%). Se mezclaron la harina de cáscara de maracuyá, harina de trigo y maicena en un recipiente grande, tamizando para asegurar una mezcla homogénea. El cremado se realizó entre la margarina y el azúcar, fue de forma mecánica por 5 minutos hasta que la masa estuviera pegajosa. El amasado se realizó añadiendo el zumo de maracuyá gradualmente hasta obtener una masa de consistencia lisa. Luego, se procedió al laminado con un rodillo hasta obtener un grosor aproximado de 0,5 cm. El cortado fue de forma cuadrado de 3,5 x 3,5 cm, con ayuda de un molde y se transfirió a una bandeja previamente engrasada, el horneado fue 160 °C por 20 minutos, en horno previamente calentado, se enfrió a temperatura ambiente (26 ± 2 °C) por 10 minutos y se almacenó en envases de vidrio oscuro con tapa hermética cada tratamiento y se mantuvo a temperatura ambiente.

3.5.5. Evaluación del perfil de textura y color en galletas con harina de cáscara de maracuyá

Perfil de textura: Para evaluar esta propiedad se utilizó el equipo Brookfield CT3 Texture Analyzer; las galletas se midieron con un vernier obteniendo un largo de 40 mm, ancho de 39 mm y profundidad de 6,8 mm, estos datos fueron programados en el software TexturePro CT V1.6. en la prueba TPA (Texture Profile Analysis), además se incluyó para el análisis una sonda cilíndrica TA39 (2 mm de diámetro, 5 g de acero inoxidable, 20 mm de longitud), la carga de activación fue 5 g, la velocidad de prueba 2 mm/s en dos ciclos de comprensión (el primer ciclo consideró las variables de respuesta de la dureza y fracturabilidad, el segundo ciclo las variables de elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad), todos los análisis se realizaron con 5 repeticiones.

Color: La superficie de las galletas fue analizada utilizando un Cromámetro (CR-400 Konica Minolta), primero se calibró el equipo utilizando una placa blanca y se puso la galleta en un depósito oscuro, se realizaron las lecturas tomando 4 puntos de los extremos (2 inferiores y 2 superiores) y 1 de la parte central de cada galleta, con un ángulo de inclinación de 2°, se determinó L* luminosidad (L= 100 blanco y L= 0 negro), croma a* (cromaticidad verde = -60 y rojo= +60), croma b* (cromaticidad azul = -60 y amarillo = +60).

3.5.6. Evaluación sensorial de las galletas con harina de cáscara de maracuyá

Se evaluaron los atributos sabor, dulzor y textura, seguido de una prueba de aceptabilidad, se elaboró una ficha con una escala lineal de 7 puntos (Anexo II), donde 1

representaba la “intensidad mínima” y 7 la “intensidad máxima”; al atributo sabor, los extremos de la escala variaron desde sin maracuyá hasta mucho maracuyá, para el atributo dulzor, se evaluó desde poco dulce hasta extradulce, mientras que para el atributo textura se calificó desde poco crocante hasta demasiado crocante, para la aceptabilidad se evaluó utilizando una calificación lineal estructurada que incluía las opciones "me disgusta extremadamente", "me disgusta mucho", "me disgusta un poco", “no me gusta, ni me disgusta”, "me gusta un poco", "me gusta mucho" y “me gusta extremadamente”.

La evaluación sensorial se llevó a cabo en la institución educativa Gómez Arias Dávila, dirigida a un grupo de alumnos con edades entre 15 a 16 años. Un día antes de la evaluación, los estudiantes recibieron una inducción detallada sobre el tema. Esta inducción consistió en proporcionarles tanto la teoría como la práctica acerca de la evaluación sensorial. Se les explicó el propósito y la importancia de la evaluación sensorial en la industria alimentaria y cómo sus percepciones pueden influir en la calidad del producto. Además, se les hizo practicar con galletas de agua para familiarizarse con el proceso. Se les enseñó a utilizar sus sentidos para evaluar las características de las galletas, como su textura, sabor, aroma y apariencia. Esta experiencia práctica les permitió entender mejor la teoría y prepararse para la evaluación sensorial real. El lugar de realización fue el salón "4° J", y la evaluación fue entre las 2:00 pm y las 3:30 pm. Las galletas fueron transportadas en envases de vidrio oscuro con tapa hermética y se les asignó un rotulo de tres dígitos aleatorios a cada tratamiento según su formulación. Las galletas se dispusieron en platos de plástico de color blanco previamente numerados para cada tratamiento. Además, se proporcionó a cada panelista un vaso de agua junto con la ficha sensorial para enjuagar el paladar entre las degustaciones.

3.5.7. Evaluación estadística

Perfil de textura y color: Los resultados del análisis de perfil de textura y color fueron analizados estadísticamente mediante el diseño completo al azar (DCA) con un nivel de significancia ($p < 0,05$), para los tratamientos que mostraron diferencias significativas se procedió a evaluarlos mediante la prueba de Tukey. Todos los datos fueron procesados en el programa Statistical Analysis System (SAS) versión libre. Los resultados del perfil de textura fueron analizados mediante componentes principales y el análisis de conglomerados, mediante el programa INFOSTAT versión libre.

Evaluación sensorial: Los resultados de la evaluación sensorial considerando los atributos sabor, dulzor, textura y aceptabilidad fueron evaluados mediante la

prueba no paramétrica Kruskal Wallis con un nivel de confianza del 95% los datos se procesaron utilizando el programa INFOSAT versión libre.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara de maracuyá

La harina de cáscara de maracuyá presentó un contenido de humedad de $4,67 \pm 0,19\%$ b.s ligeramente inferior al valor reportado por Garcia et al. (2019) de $6,86 \text{ g}/100\text{g}$ b.s. tras un secado a 60°C durante 12 horas. Este resultado es similar al hallado de Hernández et al. (2014), quienes reportaron un contenido de humedad de $4,9 \text{ g}/100\text{g}$ b.s. mediante un proceso de secado con 60°C hasta alcanzar peso constante y sugiere que la humedad de la muestra está principalmente influenciada por la intensidad del proceso de deshidratación durante el procesamiento, y Da Silva et al. (2019) indican que las diferencias en el contenido de humedad podrían estar influenciados por la madurez del fruto.

Tabla 4. Composición fisicoquímica de harina de cáscara de maracuyá.

Análisis	Harina de cáscara de maracuyá	Hará de trigo
Humedad (% b.s.)	$4,67 \pm 0,19$	$9,1 \pm 0,3^1$
Proteína total (% b.s.)	$4,75 \pm 0,07$	$14,70 \pm 0,10^1$
Grasa (% b.s.)	$0,71 \pm 0,00$	$1,93 \pm 0,13^1$
Cenizas (% b.s.)	$4,65 \pm 0,04$	$0,70 \pm 0,05^1$
Fibra cruda (% b.s.)	$20,68 \pm 0,00$	$0,84 \pm 0,15^1$
Carbohidratos (% b.s.)	$64,42 \pm 0,06$	$72,73 \pm 0,04^1$
Acidez titulable (% ácido cítrico)	$2,37 \pm 0,04$	$2,11 \pm 0,01^2$
pH	$5,12 \pm 0,01$	$6,80 \pm 0,02^2$
Evaluación de color		
L*	$86,10 \pm 0,50$	$92,37 \pm 0,67^3$
a*	$0,47 \pm 0,20$	$-1,48 \pm 0,03^3$
b*	$22,89 \pm 0,12$	$13,4 \pm 0,70^3$

Los valores se expresan como la media (n = 3); porcentaje en 100 g de muestra en base seca (% b.s.); color se expresan como la media (n = 8); \pm error estándar; datos de harina de trigo obtenidos de: ¹ Ocheme et al. (2018); ² Chinma et al. (2024); ³ Du et al. (2020); (Oyeyinka y Basse, 2023)

El contenido de proteína fue de $4,75 \pm 0,07\%$ b.s. similar a lo reportado por Carvajal et al. (2014) de $4,37\%$ en granadilla (*Passiflora ligularis* Juss), pero menor a lo reportado por Angulo et al. (2018) de $5,95 \pm 0,31(100 / \text{g}$ b.s.) y mayor a Purohit et al. (2021) de $3,59 \pm 1,08\%$ ambos resultados en cáscara de maracuyá; la variación en el resultado de proteína puede deberse al efecto de la temperatura de secado, ya que según Ayegba et al.(2017)

temperaturas altas mayor a 41 °C rompen las interacciones de las proteínas, esto causa la desnaturalización por ende la disminución de la misma.

El contenido de grasa fue de $0,71 \pm 0,00$ (% b.s.) valor superior a lo reportado en cáscara de maracuyá por Hernández et al. (2014) de $0,64 \pm 0,02$ (g/100 g b.s.) y Costa et al. (2019) de $0,51 \pm 0,08$ (g/100 g b.s.); según Buckman et al. (2017) la disminución de contenido de grasa se puede atribuir a la oxidación durante el periodo de secado; Murillo et al. (2020) recalca que el bajo contenido de grasa permite incentivar la utilización para la preparación de productos alimenticios de consumo masivo bajos en grasa.

El contenido de cenizas fue $4,65 \pm 0,04\%$ b.s un valor cercano al de Carvajal et al. (2014) 4,52% y Lima et al. (2021) de $5,79 \pm 0,11\%$, Purohit et al. (2021) reportó un contenido mayor ($6,96 \pm 0,41\%$), que podría darse por alguna característica fisiológica (tejido vegetal) y no fisiológica (arena o suelo) que reporta el mismo autor, todos los resultados fueron en el género de la *Passiflora*. Egbuonu y Osuji (2016), explican que a mayor contenido de cenizas habrá mayor contenido de minerales y así podría servir como una buena fuente de minerales para el enriquecimiento alimentario.

El contenido de fibra cruda fue $20,68 \pm 0,00\%$ b.s. este resultado fue menor a lo obtenido por Angulo et al. (2018) de $26,61 \pm 0,93$ (100 g⁻¹ b.s.) y Hiep et al. (2020) 29,8% ambos en cáscara de maracuyá; según Claro et al. (2018) la importancia del contenido de fibra en una dieta alimentaria ayudará al tránsito intestinal y a la reducción de glucosa en sangre y de lípidos circulantes.

El contenido de carbohidratos en la harina de cáscara de maracuyá fue $64,42 \pm 0,06$ (% b.s) valor por debajo de lo reportado por Lima et al. (2021) de $78,23 \pm 0,84\%$, pero superior a lo citado por Angulo et al. (2018) de $50,11 \pm 0,56$ g/100 b.s; Serna y Torres (2015) sugieren que cuando el contenido de carbohidratos es alto podría ser usado como una fuente de carbono y nitrógeno en sustratos de fermentación de origen orgánico ya que en la industria de las fermentaciones se utiliza fuentes de nitrógeno y suelen ser costosas convirtiéndose en una limitante. Macedo et al. (2023) sugieren que las diferencias pueden derivarse de condiciones edafoclimáticas, variedades de cultivo, momentos de maduración y rasgos genéticos de las plantas. También destacan que los métodos de procesamiento pueden influir en las propiedades químicas de la harina de cáscara de maracuyá.

Se obtuvo una acidez de $2,37 \pm 0,04$ (% ácido cítrico) cercano al obtenido por Oliveira et al. (2016) de $1,85 \pm 0,03$ (g ácido cítrico /100 g); quien sugiere que la disminución de la acidez podría ser por la pérdida de los compuestos ácidos volátiles durante el proceso de

secado y según Jiménez et al. (2011) la disminución podría darse por la maduración debido al consumo de ácidos orgánicos en la respiración de la fruta.

El pH de la muestra fue de $5,12 \pm 0,01$ menor a lo obtenido por Oliveira et al. (2016) de 5,28 y mayor a lo mostrado por Coelho et al. (2017) de 4,25; según Freitas et al. (2020) un pH de 2,6 a 6,0 son químicamente más estables a la humedad y al calor.

En la evaluación del color el color de la harina es influenciado por una variedad de factores como la fuente de origen y el proceso de elaboración puede abarcar una amplia gama de tonalidades. Esta característica no solo refleja la composición química y el modo de producción, sino que también influye en la funcionalidad y en cómo percibimos su valor nutricional y seguridad, además cada tipo de harina presenta sus propias particularidades químicas y métodos de elaboración que afectan su color, en consecuencia, su calidad y potenciales usos (Phillips, 2023). En la harina de cáscara de maracuyá, se obtuvieron los siguientes valores: luminosidad (L^*) de $86,10 \pm 0,50$ croma a^* de $0,47 \pm 0,20$ y croma b^* con una tendencia al amarillo de $22,89 \pm 0,12$. Oliveira et al. (2016) registró $L^* = 82,17 \pm 0,08$, $a^* = 0,21 \pm 0,01$ y $b^* = 23,16 \pm 0,09$; mientras que Talma et al. (2019) informó $L^* = 81,88 \pm 1,13$, $a^* = 2,74 \pm 0,4$ y $b^* = 24,33 \pm 0,8$. Comparando los resultados obtenidos a la harina de trigo se puede decir que la harina de cáscara de maracuyá fue más oscura, al respecto Du et al. (2020) obtuvo $L^* = 92,37$, $a^* = -1,48$ y $b^* = 13,4$ en harina de trigo. Oyeyinka et al. (2023) afirman que el aumento de la luminosidad puede relacionarse con un mayor contenido de carbohidratos, lo que sugiere la presencia de almidones, como en la harina de trigo. Miskelly y Suter (2017) señala que un valor de luminosidad (L^*) mayor a 90 en la mayoría de las harinas sugiere moliendas más limpias y color apropiado para la elaboración de productos.

El parámetro a^* de $0,47 \pm 0,20$ indica la ausencia de predominancia en los colores rojo y verde en la muestra de harina analizada. Por otro lado, en el caso de la harina de trigo, se observa un croma a^* de -1,48, que sugiere que esta muestra se ubica en el eje del color verde. Según Dahmer et al. (2016) el color verde en la harina podría estar relacionada con las temperaturas más bajas empleadas durante el proceso de obtención coincidiendo con Mahmoud y Mehder (2022) quienes afirman que la disminución en el valor del parámetro croma a^* podría ser atribuida los procesos de secado y molienda. Con respecto al croma b^* por ser positivo indica que tiene una coloración amarilla, según Días et al. (2020) podría ser un indicador de contenido de carotenoides.

4.2. Propiedades funcionales en la harina de cáscara de maracuyá

En la Tabla 5 se muestra la capacidad de retención de agua (CRA) esta propiedad es esencial para la estabilización de la estructura de los alimentos, ya sea en dispersiones, emulsiones o espumas, al influir en las propiedades reológicas de la fase líquida (Ghanem et al., 2012). El CRA es una propiedad fundamental de las proteínas que posee un potencial significativo para impactar tanto en las propiedades nutricionales como en la calidad global de los alimentos (Mahmoud y Mehder 2022).

Tabla 5. Propiedades funcionales en la harina de cáscara de maracuyá.

Análisis	Harina de cáscara de maracuyá	Harina de trigo
CRA (mL/g b.s.)	7,93 ± 0,03	2,90 ± 0,14 ¹
CRAc (g/g b.s.)	5,14 ± 0,03	1,18 ± 0,13 ¹
Fenoles totales (EAG mg/g b.s.)	11,82 ± 0,10	0,012 ± 0,003 ²
Carotenoides (CT µg/100g b.s.)	16 777,48 ± 510	160 ± 30 ²

Los valores CRA, CRAc, fenoles totales y carotenoides se expresan como la media (n = 3); base seca (b.s.); datos de harina de trigo obtenidos de: ¹:Oyeyinka y Bassey, 2023; ²: Ngo et al. (2024)

En la harina de cáscara de maracuyá el CRA fue 7,93 ± 0,03 mayor a lo citado por Duarte et al. (2016) de 6,44 ± 3,71 mL/g, pero menor a lo obtenido por Dias et al. (2020) de 9,63 ± 0,21 mL/g, este mismo autor concluye que el alto contenido de CRA indica que los materiales pueden aumentar la viscosidad, efecto de saciedad, formar geles y así aumento del bolo fecal por lo tanto sucede una menor absorción de glucosa, grasa y colesterol.

La capacidad de retención de aceite (CRAc) destaca como propiedad esencial en productos alimenticios, especialmente harinas, influyendo en sabor, textura, sensación bucal y rendimiento (Wang et al., 2020). La CRAc, interpretada como la tendencia de la harina a retener aceite, desempeña un papel crucial en enriquecer la experiencia oral y preservar el sabor en productos alimenticios, resaltando su importancia (Ahmad et al., 2016). La capacidad de retención de aceite (CRAc) fue de 5,14 ± 0,03g/g, menor a lo obtenido por Oliveira et al. (2016) en cáscara de harina de maracuyá 6,30 ± 0,04 g/g y mayor a Duarte et al. (2016) 4,31 ± 0,53 g/g; este último autor señala que la CRAc en las frituras ayuda a que la grasa se filtre a la superficie del alimento y así podría beneficiar a la digestión; también, Weng et al, (2021) indican que el CRAc de una harina permite retener el aceite y así ayudar a mejorar el sabor en los alimentos.

La evaluación del contenido de fenoles totales en cáscaras es esencial debido a la función clave de estos compuestos en la protección a través de una dieta rica en frutas y verduras. Los fenoles totales, concentrados en la cáscara, brindan beneficios desde la

prevención de enfermedades hasta la conservación de alimentos. La extracción de estos compuestos puede generar ingredientes funcionales valiosos, enriqueciendo la industria alimentaria (Galanakis et al., 2022; Vu et al., 2018). El contenido de fenoles totales obtenido en el estudio fue de $11,82 \pm 0,10$ EAG mg/g, cifra que se asemeja al valor citado por Reis et al. (2018b) de $10,62 \pm 0,25$ EAG mg/g. Sin embargo, supera lo reportado por Alzate et al. (2017) de $6,94 \pm 0,05$ mg/g y los niveles encontrados por Casarotti et al. (2018) de 3,84 mg/g. Estas variaciones podrían ser atribuidas, como señala Silva et al. (2020), a factores diversos como condiciones climáticas, genética y variedad de la fruta. Domínguez et al. (2019) reportó un contenido de $8,34 \pm 0,83$ EAG mg/g en cáscaras de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis Sims F. flavicarpa*) y de 24,96 mg/g en cáscaras de maracuyá morada (*Passiflora edulis Sims F. edulis*), según Cao et al. (2021) esta diferencia de contenidos podría indicar la presencia de antocianinas, compuestos formadores de color en el maracuyá morado. A pesar de estas fluctuaciones, se concluye que, independientemente de las diferencias, la harina de cáscaras sigue aportando un valor nutricional relevante para el consumo humano (Silva et al., 2020).

El contenido de carotenoides obtenido fue $16\,777,48 \pm 510$ CT $\mu\text{g}/100$ g, mayor al obtenido por Casarotti et al. (2018) de $8\,464 \pm 0,3$ CT $\mu\text{g}/100$ g. Reis et al. (2018b), reportó distintos niveles de carotenoides en diferentes variedades de maracuyá, en la variedad de cáscara amarilla (*Passiflora edulis Sims F. flavicarpa*), obtuvo 918,41 $\mu\text{g}/100$ g, mientras que en la cáscara de maracuyá morado (*Passiflora edulis Sims f. edulis*) $1\,244 \pm 52,5$ $\mu\text{g}/100$ g y en cáscara de maracuyá naranja (*Passiflora caerulea*) un contenido aún mayor de $25\,516 \pm 561,9$ $\mu\text{g}/100$ g. La disparidad en los contenidos se debe posiblemente a la ausencia de licopeno en las tres variedades de cáscaras y la falta de α -caroteno en la cáscara amarilla. En cambio, tanto la cáscara anaranjada como la morada presentaron niveles considerables de β -caroteno. Bogacz-Radomska y Harás (2018) resalta la importancia de consumir carotenoides a través de los alimentos ya que los seres humanos no pueden sintetizarlo por sí mismos. Según Singh y Sambyal (2022), los carotenoides se utilizan en la industria alimentaria como pigmentos naturales y suplementos nutraceuticos debido a sus beneficios para la salud ocular y reducción de los síntomas del Alzheimer.

4.3. Perfil de textura y color en galletas con harina de cáscara de maracuyá

4.3.1. Perfil de textura

La dureza es la deformación de la galleta mediante una fuerza (Szczesniak, 1963), según el análisis estadístico de los resultados (Anexo III) existe diferencia significativa,

realizando la prueba de Tukey entre las medias, se aprecia (Tabla 6) que la mayor dureza correspondió a T-12M con $53,24 \pm 6,36$ N con 12% de harina de cáscara de maracuyá, Kohajdová et al. (2018) obtuvo una dureza de $13,99 \pm 49$ N en una galleta con harina de cáscara de uva con una incorporación del 15% en remplazo de la harina de trigo; Mahloko et al. (2019) obtuvo una dureza de $22,01 \pm 1,14$ N en galleta control y $24,65 \pm 1,14$ N en una galleta con incorporación del 8% de harina de cáscara de plátano y tuna, observando así que la galleta con harina de cáscara de maracuyá al 12% (T-12M) tiene una mayor dureza en comparación con los autores mencionados, la diferencia de la dureza en las galletas puede ser explicado por Bolek (2020) el cual indica que el aumento de la dureza puede deberse al contenido de fibra ya que este aumenta la capacidad de retención de agua en la masa, provocando el incremento de dureza en la galleta.

Tabla 6. Resultados de perfil de textura de las galletas con harina de cáscara de maracuyá.

Tratamientos	T-0M	T-8M	T-10M	T-12M
Dureza (N)	$19,99 \pm 2,61^b$	$30,69 \pm 1,57^b$	$31,39 \pm 1,67^b$	$53,24 \pm 6,36^a$
Cohesividad	$0,36 \pm 0,03^b$	$0,42 \pm 0,04^{ab}$	$0,43 \pm 0,04^{ab}$	$0,53 \pm 0,03^a$
Fracturabilidad (N)	$18,23 \pm 0,57^c$	$23,73 \pm 1,09^{bc}$	$28,39 \pm 2,36^b$	$40,75 \pm 1,05^a$
Elasticidad (mm)	$2,62 \pm 0,39^b$	$2,89 \pm 0,42^b$	$11,47 \pm 1,65^a$	$12,33 \pm 1,39^a$
Gomosidad (N)	$9,30 \pm 0,96^b$	$9,40 \pm 1,73^b$	$12,20 \pm 2,39^{ab}$	$19,09 \pm 1,81^a$
Masticabilidad (mJ)	$35,36 \pm 5,25^b$	$40,78 \pm 10,35^b$	$151,6 \pm 34,78^a$	$192,76 \pm 26,91^a$

Los valores representan (media \pm SEM); datos provenientes del experimento (n=5); valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$) según la prueba Tukey. T-0M= control (0% de harina de cáscara de maracuyá); T-8M=8% de harina de cáscara de maracuyá; T-10M=10% de harina de cáscara de maracuyá; T-12M=12% de harina de cáscara de maracuyá.

La cohesividad representa las fuerzas internas dentro del alimento que evitan que la muestra se desintegre (Guiné, et al., 2019). Según los resultados existe diferencia estadística entre los tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0,05$), la galleta control (T-0M) diferente a las galletas con harina de cáscara de maracuyá. Los resultados destacan una variación en la cohesividad de las galletas que osciló de $0,36 \pm 0,03$ (T-0M) a $0,53 \pm 0,03$ (T-12M), reflejando una mayor resistencia a la desintegración en el segundo caso. Nicole et al. (2021) reporta una cohesión superior en galletas enriquecidas con pasta de soja fermentada, no obstante, al aumentar la cantidad de harina de trigo en las galletas, registró un descenso en la cohesión con valores de $0,85 \pm 0,01$ (100% pasta de soja fermentada), $0,126 \pm 0,06$ (30%), $0,23 \pm 0,11$ (40%) y $0,45 \pm 0,173$ (50%) sugiriendo que el cambio en la cohesión podría ser atribuido a una red tridimensional de proteínas formada por la proteína presente en la soja fermentada, la cual es capaz de soportar una mayor deformación antes de romperse. Por otro lado, Alshehry

(2022) constató un incremento similar en la cohesión de las galletas (0,12 en el control a 0,43 con 20% de harina de cáscara de plátano), sugiriendo que este aumento puede ser atribuible a las fibras dietéticas insolubles presentes en la harina de cáscara de plátano en reemplazo de la harina de trigo. Jiamjariyatam et al. (2023) apoyan la idea de que el aumento en la cohesión de las galletas al añadir harina de cáscara puede deberse a la ausencia de gluten y al mayor contenido de fibra en comparación con la harina de trigo indicando que el contenido de fibra puede influir en la textura de los productos, ya que las fibras poseen propiedades como la retención de agua, formación de gel, similitud con grasas, textura y efecto espesante, lo cual potencialmente contribuye positivamente a la cohesión y firmeza de los productos, explicando así el incremento en la cohesividad observado al incorporar harina de cáscara de maracuyá.

La fracturabilidad se define como la distancia a la fuerza máxima (Kohajdová et al., 2018), en la Tabla 6 se observa una diferencia significativa entre la fracturabilidad control (T-0M) y las galletas con harina de cáscara de maracuyá (T-8M, T-10M y T-12M) el valor más bajo fue de $18,23 \pm 0,57$ N en la galleta T-0M y de $40,75 \pm 1,05$ N en la galleta con 12% de harina de cáscara de maracuyá (T-12M); Mabogo et al.(2021) obtuvo similar resultado en el aumento de la fracturabilidad en sustitución de harina de trigo por harina de plátano inmaduro con $0,26 \pm 0,01$ N el control (100% harina de trigo) a $0,32 \pm 0,01$ N (25% de sustitución por harina de plátano); Korese et al. (2021) reportaron el aumento de fracturabilidad de $13,69 \pm 0,06$ N a $78,12 \pm 0,05$ N en harina de camote de pulpa naranja con cáscara, explica que estas diferencias en los valores de fracturabilidad pueden atribuirse a la sustitución de la harina de trigo por la harina compuesta debido a un aumento en la fuerza de la fractura que puede darse por el incremento de la humedad en las galletas y así en las variaciones en la estructura interna. Krajewska y Dziki (2023) proponen que el aumento en la fracturabilidad podría estar vinculado a un incremento en el contenido de proteína y evidencia que tanto la elección como la proporción de ingredientes empleados, como las condiciones de horneado tienen un impacto considerable en la fracturabilidad de las galletas, contribuyendo de manera significativa a una mayor retención de la forma de las galletas durante el transporte, lo que en última instancia aseguraría una mayor integridad estructural.

La elasticidad es la medida en que un alimento comprimido vuelve a su tamaño original cuando se retira la carga (Rosenthal, 1999); según los resultados (Tabla 6) en la elasticidad se observó diferencia estadística significativa cuando se incorporó harina de cáscara de maracuyá en T-10M y T-12M ($11,47 \pm 1,65$ mm y $12,33 \pm 1,39$ mm) comparado al T-0M ($2,69 \pm 0,39$ mm) y T-8M($2,89 \pm 0,42$ mm), un comportamiento similar obtuvo Alshehry

(2022) que reportó una elasticidad control de $1,22 \pm 0,07$ mm y al 20% de sustitución de harina de cáscara de plátano de $4,15 \pm 0,11$ mm; Basanta et al. (2018) concluye que este incremento de la elasticidad podría darse por el contenido de pectina.

La gomosidad mide la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido hasta el punto de ser tragado (Curi et al., 2017); como se muestra en la Tabla 6 se encontró diferencia estadística significativa, el mayor resultado de gomosidad correspondió al T-12M con el 12% de harina de cáscara de maracuyá, $19,09 \pm 1,81$ N; Kaur et al. (2019) reportaron galletas que contienen 80% harina de trigo refinada con harina de linaza cruda al 25% de sustitución una gomosidad de $18,21 \pm 0,20$ N y al 70% de harina refinada de trigo con 30% de harina de linaza tostada de $19,30 \pm 0,20$ N. Según Bhol y John Don Bosco (2014) sugiere que la variación puede deberse a la influencia de la capacidad de absorción de agua, las variaciones en las partículas de harina y las composiciones químicas.

La masticabilidad refleja la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta el punto de ser tragado (Curi et al., 2017); la masticabilidad tuvo un aumento considerablemente en comparación del tratamiento control (T-0M) de $35,36 \pm 5,25$ mJ al tratamiento T-12M de $192,76 \pm 26,91$ mJ, esto indica que a medida que se aumenta la cantidad de harina de cáscara de maracuyá la energía requerida para masticar aumenta. Alshehry (2022) obtuvo una masticabilidad en galletas con incorporación de harina de cáscara de plátano al 20% de $4,71 \pm 0,07$ mJ; Célia et al. (2022) reportaron una masticabilidad en galletas con incorporación de harina de sorgo al 25% de sustitución de harina de trigo de $305,18 \pm 1,72$ mJ; Morales et al. (2017) obtuvieron $3,43 \pm 0,29$ mJ en galletas con 80% de proteína de avena y 20% de harina de guisantes, sugirió que la adición de cereales con bajo contenido de gluten en las galletas aumenta la masticabilidad a través de la interacción entre las fibras y el gluten, mientras que el grado de gelatinización del almidón disminuye; Según Wee et al. (2018), existe una relación directa entre la cantidad de masticaciones requeridas para consumir un alimento con la masticabilidad, elasticidad y cohesión. Esta relación implica que cuando un alimento demanda un mayor número de masticaciones, tiende a exhibir un aumento en la masticabilidad, elasticidad y cohesión.

4.3.2. Componentes principales del análisis de perfil de textura.

El análisis de componentes principales es una técnica estadística multivariada que permite la reducción masiva de datos, cuyo objetivo principal es transformar el conjunto original de variables en otro conjunto de variables donde el componente más grande

tiene menor pérdida de datos; también permite fácil interpretación mediante la inspección visual de la dispersión gráfica en el espacio 2D ó 3D (De Castro et al., 2021). Los resultados del análisis de componentes principales revelaron información importante sobre el perfil de textura de las galletas. En el primer componente principal (CP1), se observó que el perfil de textura (dureza, cohesividad, fracturabilidad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad) esta muy relacionado con los tratamientos T-10M y T-12M que contribuye significativamente hasta un 92% de la varianza. Esto indica que el perfil de textura juega un papel importante en la caracterización de las galletas. Investigaciones anteriores respaldan estos hallazgos. Arifin et al. (2010) identificaron una relación positiva entre la cohesividad, fracturabilidad y dureza en galletas elaboradas con diferentes tipos de margarina, la relación entre estos parámetros depende del punto de fusión de las margarinas utilizadas en el estudio. Del mismo modo, Indiarto et al. (2022) evidenciaron que la fracturabilidad y dureza aumentaron al incorporar extracto de cáscara de mangostán encapsulado en galletas de chocolate sugiriendo que el contenido de polifenoles totales en la galleta influye en su textura. Con respecto al componente principal (CP2), se observó que la elasticidad, masticabilidad y el tratamiento T-10M contribuyeron hasta un 7% de la varianza.

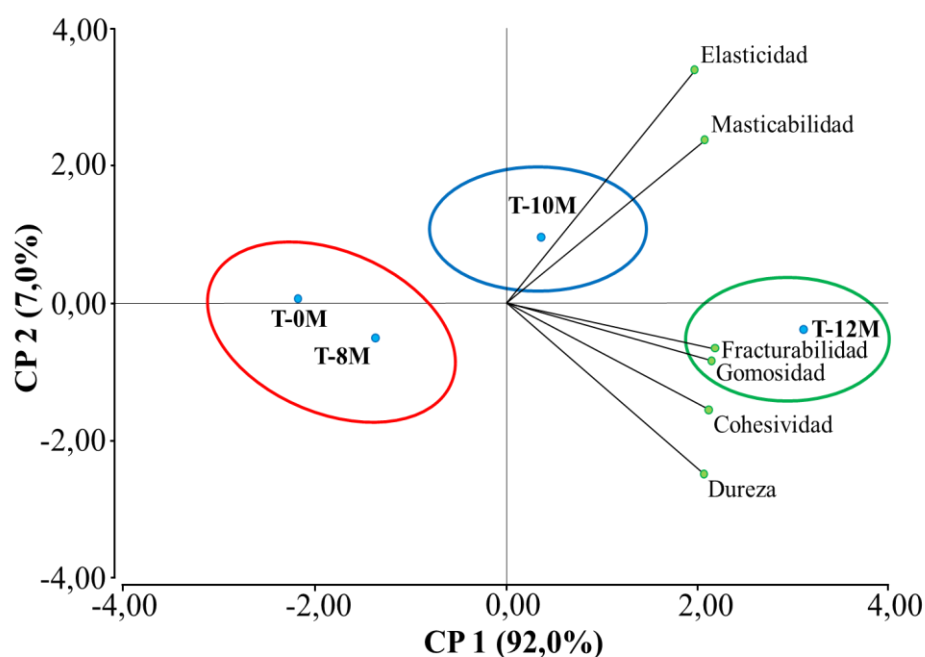


Figura 11. Análisis de componentes principales del perfil de textura

Según Guiné (2016), la elasticidad se refiere a la capacidad de una galleta para recuperar rápidamente su forma original después de ser comprimida durante la masticación

y la masticabilidad se refiere a la cantidad de energía necesaria para desintegrar la galleta hasta que pueda ser tragada. La correlación positiva entre la masticabilidad y la elasticidad puede explicarse por el hecho de que ambos parámetros están influenciados por la compresión y la estructura de la galleta. En otras palabras, una galleta con mayor elasticidad, es decir, aquella que recupera rápidamente su forma original después de ser masticada, requerirá un mayor esfuerzo para desintegrarse. Además, es importante destacar que los ingredientes utilizados en la preparación de la galleta, como la harina, el tipo de grasa y otros aditivos, tienen un impacto significativo en el perfil de textura final. Según Jia et al. (2020) los resultados experimentales indicaron que cuando la masticabilidad es muy alta o bajo no favorecen directamente al sabor de las galletas.

4.3.3. Dendograma del perfil de textura de la galleta

El dendograma obtenido a partir del análisis de conglomerados que es una disciplina de la estadística multidimensional que incluye un grupo de métodos para la identificación de subconjuntos uniformes de elementos, fundamentado en las variables características de elementos, encontrando grupos de elementos que son similares a los elementos que pertenecen al mismo conglomerado y al mismo tiempo difieren de los del conglomerado restante (Dzimińska et al., 2021). Este análisis permitió agrupar los cuatro tratamientos (T-0M, T-8M, T-10M y T-12M) en función de su perfil de textura como se observa en la Figura 12.

La disposición en el dendograma revela patrones significativos, las formulaciones T-0M y T-8M muestran proximidad entre sí al unirse en un solo grupo con una disimilitud de 1,10 lo que sugiere similitudes notables en sus perfiles de textura. Esto podría relacionarse con la concentración más baja de harina de maracuyá en estas formulaciones. Por otro lado, la formulación T-10M se ubica a una disimilitud de 2,20 en el dendograma, mientras que la formulación T-12M se encuentra a una disimilitud de 4,39 antes de converger y unirse con T-10M. Esta agrupación podría indicar que las formulaciones T-10M y T-12M comparten similitudes en términos de perfil de textura, pero también tienen diferencias notables en comparación con las formulaciones anteriores. Coincidiendo con los resultados de Alshehry (2022) al analizar el perfil de textura revelaron una diferencia considerable entre las galletas del grupo de control y las galletas elaboradas con harina de cáscara de plátano. Estos resultados respaldan nuestros hallazgos de que la harina de cáscara de maracuyá en las galletas genera cambios significativos en su perfil de textura. Además, al igual que en el estudio de Perin et al.

(2021), se encontró una disimilitud entre las formulaciones considerando todas las variables analizadas. Las formulaciones T-8M y T-0M se agrupan entre sí debido a su menor concentración de harina de maracuyá, mientras que las formulaciones T-10M y T-12M se separan individualmente cada uno debido a la mayor concentración. Esto sugiere que la concentración de harina de maracuyá tiene un impacto en el perfil de textura de las galletas.

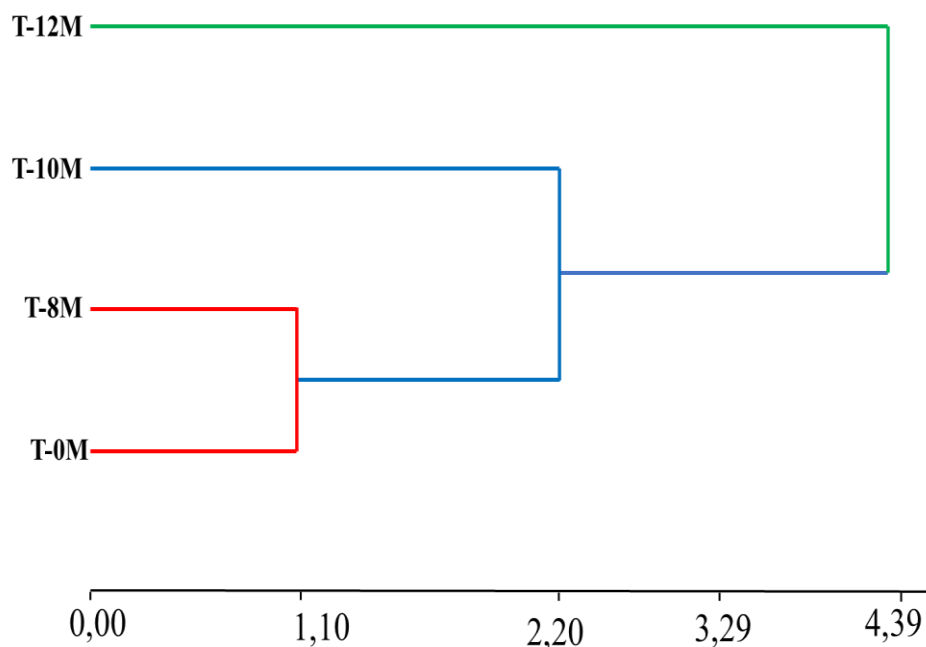


Figura 12. Dendrograma del del perfil de textura

4.3.4. Color

El color es un factor importante en la elección del consumidor o para productos similares a galletas, los colores amarillentos y rojizos parduzcos son los deseables (Hajas et al., 2022); en la Tabla 7 se muestra el análisis de color de las galletas con de harina de cáscara de maracuyá, según el análisis estadístico (Anexo IV) se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. El T-0M y T-8M (el 8% de harina de cáscara de maracuyá) no mostro diferencia estadística frente al T-10M Y T-12M (10 y 12% de harina de maracuyá respectivamente) según el ordenamiento de Tukey ; el control (T-0M) presentó el valor más alto de luminosidad de $80,61 \pm 0,74$ comparado al T-10M y T-12M , según Weng et al. (2021) reportó una menor luminosidad de $64,70 \pm 1,17$ en galleta con incorporación cáscara de maracuyá amarilla al 15%, frente a la galleta control de $94,05 \pm 1,58$; la disminución de la luminosidad puede deberse a la caramelización o la reacción Maillard causando un dorado durante el horneado y podría haber presencia de glucosa, fructuosa y proteína (Amarasinghe et

al. 2021) y según Naknaen et al. (2016) también podría deberse por el incremento de la fibra vegetal de la harina de cáscara de maracuyá.

Tabla 7. Parámetros de color de galletas con harina de cáscara de maracuyá.

Tratamientos	L	a*	b*
T-0M	80,61±0,74 ^a	-0,94 ± 0,38 ^c	32,13 ± 0,37 ^a
T-8M	79,58 ±0,95 ^a	-0,86 ± 0,18 ^{bc}	32,69 ± 0,98 ^a
T-10M	78,33 ± 0,45 ^b	-0,43 ± 0,13 ^b	32,63 ± 0,61 ^a
T-12M	78,29 ± 0,98 ^b	0,67 ± 0,4 ^a	32,84 ± 1,32 ^a

Los valores representan (media ±SEM; datos provenientes del experimento (n=7); valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativamente diferentes (p<0,05) según la prueba Tukey.

La cromaticidad a* (- verde y + rojo) presentó diferencia estadística significativa; en el tratamiento control T-0M se observó una cromaticidad a* de $-0,94 \pm 0,38$, muy cercano a la neutralidad, similar fue reportado por Ho y Latif (2016), quienes encontraron un valor negativo en el croma a* de $-1,32 \pm 0,13$ en el tratamiento control (galleta de trigo sin adición de harina de pitahaya). Por otro lado, en los tratamientos T-8M a T-12M con harina de cáscara de maracuyá entre el 8% al 12%, se observa el cambio en el eje pasando de negativo a positivo.

Los valores del croma b*(- azul y +amarillo) en las galletas con harina de cáscara de maracuyá no mostraron diferencia estadística significativa, el rango entre los cuatro tratamientos varió de $32,13 \pm 0,37$ a $32,84 \pm 1,32$ mostrando un croma amarillento, por el contrario, una mayor intensidad de este croma fue reportado por Weng et al.(2021) en la galleta control fue $34,29 \pm 1,70$ y con 10% de cáscara de maracuyá $52,67 \pm 1,76$; por otro lado, es importante resaltar, según el análisis de carotenoides en la investigación la cáscara de maracuyá mostró un alto contenido de este componente (Tabla 5) según Nor et al.(2021) el color amarillento podría deberse al a la acumulación del contenido de carotenoides.

4.4. Evaluación sensorial en galletas elaboradas con harina de cáscara de maracuyá.

La calidad sensorial es un factor clave en la aceptación de los alimentos, ya que los consumidores buscan alimentos con características sensoriales específicas (Bello et al., 2020). Los resultados del análisis sensorial de las galletas se presentan en la Tabla 8, donde se revelaron diferencias significativas según la prueba de Kruskal-Wallis (p < 0,05), en el atributo de sabor, el tratamiento T-12M obtuvo el mayor puntaje en el sabor ($4,69 \pm 1,53$), siendo principalmente identificado con el sabor a maracuyá. Por otro lado, los tratamientos T-0M

(control) y T-8M obtuvieron puntajes más cercanos sin sabor a maracuyá ($3,15 \pm 1,46$ y $3,15 \pm 1,50$ respectivamente).

Tabla 8. Resultados del análisis sensorial con la prueba Kruskal Wallis de cada atributo.

Atributos	Tratamientos			
	T-0M	T-8M	T-10M	T-12M
Sabor	$3,15 \pm 1,46^c$	$3,15 \pm 1,50^{bc}$	$4,2 \pm 1,46^{ba}$	$4,69 \pm 1,53^a$
Dulzor	$4,62 \pm 1,25^a$	$4,06 \pm 1,53^a$	$4,2 \pm 1,74^a$	$3,5 \pm 1,56^a$
Textura	$4,34 \pm 1,73^a$	$4,83 \pm 1,35^a$	$4,97 \pm 1,33^a$	$5,04 \pm 1,83^a$
Aceptabilidad	$6,02 \pm 1,29^a$	$4,62 \pm 1,78^b$	$4,2 \pm 1,08^b$	$3,08 \pm 1,48^b$

Media \pm desviación estándar; datos provenientes del experimento (n=20); valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$) según la prueba Kruskal Wallis; T-0M= control (0% de harina de cáscara de maracuyá); T-8M=8% de harina de cáscara de maracuyá; T-10M=10% de harina de cáscara de maracuyá; T-12M=12% de harina de cáscara de maracuyá.

No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en los atributos dulzor y textura, lo cual indica que la harina de cáscara de maracuyá en diferentes porcentajes no afectó de manera significativa estos atributos. Sin embargo, en el atributo aceptabilidad se encontraron diferencias significativas. El tratamiento T-0M (control) obtuvo el puntaje más alto ($6,02 \pm 1,29$), seguido de cerca por los tratamientos T-8M y T-10M, con puntajes de $4,62 \pm 1,78$ y $4,2 \pm 1,08$ respectivamente, ubicándose cerca de la categoría “no me gusta ni me disgusta y me gusta un poco” en la escala de evaluación. Según Okin et al. (2021), la calificación más alta esperada es para la muestra control, ya que los panelistas están más familiarizados con el producto de trigo. Estos resultados respaldan la idea de que los panelistas tienden a mostrar una mayor aceptación hacia el producto control debido a su familiaridad con el sabor de trigo. Según Andrade et al. (2018), la harina de cáscara de maracuyá hasta un 10% no tuvo un impacto significativo en el sabor y la textura de las galletas. En el presente estudio se encontraron resultados similares, ya que la diferencia en el atributo sabor solo se hizo más evidente con el tratamiento T-12M, que tuvo un mayor puntaje debido a su sabor a maracuyá más pronunciado.

V. CONCLUSIONES

- Según el análisis fisicoquímico la harina de cáscara de maracuyá presentó proteína ($4,75 \pm 0,07\%$ b.s), grasa ($0,71 \pm 0,00\%$ b.s), cenizas ($4,65 \pm 0,04\%$ b.s), fibra cruda ($20,68 \pm 0,00\%$ b.s), carbohidratos ($69,21 \pm 0,06\%$ b.s), acidez titulable ($2,37 \pm 0,04$ g% ácido crítico), pH ($5,12 \pm 0,01$) y color L* de $86,15 \pm 0,50$, a* de $0,47 \pm 0,20$ y b* de $22,89 \pm 0,12$.
- La harina de cáscara de maracuyá presentó capacidad de retención de agua ($7,93 \pm 0,03$ mL/g), capacidad de retención de aceite ($5,14 \pm 0,03$ g/g), fenoles totales ($11,82 \pm 0,10$ EAG mg/g) y carotenoides ($16\ 777,48$ CT μ g/100g).
- La textura de las galletas con 10% de harina de cáscara de maracuyá (T-10M) fue aceptable con una dureza ($31,39 \pm 1,67$ N), cohesividad ($0,43 \pm 0,04$), fracturabilidad ($28,39 \pm 2,36$ N), elasticidad ($11,47 \pm 1,65$ mm), gomosidad ($12,20 \pm 2,39$ N) y masticabilidad ($151,6 \pm 34,78$ mJ). El análisis de CP y el dendograma indican que hasta al 8% no se afectan al perfil de textura, pero a mayor porcentaje se afectan la elasticidad y masticabilidad.
- El color de las galletas con 8% (T-8M) de cáscara de maracuyá fue similar al control (T-0M), L* ($80,61 \pm 0,74$), b* ($32,69 \pm 0,98$) croma amarillento.
- La galleta con un 12% (T-12M) de harina de cáscara de maracuyá mostró sabor a “mucho maracuyá” pero no presentó dulzura ni buena aceptabilidad. En contraste, la galleta con 10% (T-10M) de harina de cáscara de maracuyá demostró tener buenos atributos sensoriales (sabor, dulzor, textura y aceptabilidad).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- ✓ Elaborar galletas con harina de cáscara de maracuyá con 10%, porque presenta buen perfil textural, color luminoso y atributos sensoriales (dulzor y textura).
- ✓ Estudiar la utilización de la harina de cáscara de maracuyá en la formulación de alimentos, porque tiene buen contenido de fenoles, carotenoides y capacidad antioxidante.
- ✓ Evaluar los efectos de la harina de cáscara de maracuyá en la textura y calidad sensorial de productos cárnicos procesados y productos horneados sin gluten.
- ✓ Desarrollar un proceso eficiente de extracción de pectinas y fenoles de cáscara de maracuyá para la elaboración de salsas, sopas, pures y compotas.
- ✓ Investigar la estabilidad para determinar la vida útil de las galletas con harina de cáscara de maracuyá, evaluando los cambios en la propiedades físicas y sensoriales.
- ✓ Investigar el uso de técnicas de encapsulación para proteger los compuestos bioactivos (fenoles, carotenos) presentes en la harina de cáscara de maracuyá y mantener su calidad
- ✓ Estudiar los efectos de la fibra dietética en alimentos y su influencia en propiedades texturales, nutricionales y de sabor.
- ✓ Caracterizar compuestos bioactivos, propiedades tecnológicas, compuestos aromáticos, en las variedades de maracuyá, tanto en jugos y subproductos (cáscaras, semillas y albedo)
- ✓ Evaluar la viabilidad económica y ambiental de la producción de harina de cáscara de maracuyá y su impacto en la industria alimentaria.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasian, F., Alavi, M. S., Roohbakhsh, A. (2023). Dietary carotenoids to improve hypertension. *Heliyon*, e19399. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19399>
- Ahmad, M., Wani, T. A., Wani, S. M., Masoodi, F., Gani, A. (2016). Incorporation of carrot pomace powder in wheat flour: Effect on flour, dough and cookie characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 53(10), 3715-3724. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2345-2>
- Ajila, C., Brar, S. K., Verma, M. P., Tyagi, R. D., Godbout, S., Valero, J. R. L. (2010). Extraction and Analysis of polyphenols: recent trends. *Critical Reviews in Biotechnology*, 31(3), 227-249. <https://doi.org/10.3109/07388551.2010.513677>
- Alshehry, G. A. (2022). Medicinal Applications of Banana Peel Flour Used as a Substitute for Computing Dietary Fiber for Wheat Flour in the Biscuit Industry. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2022, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/2973153>
- Alzate T, L. M., González, D., Hincapié, S., Cardona S, B. L., Londoño-Londoño, J., Jiménez-Cartagena, C. (2017). The profile of bioactive substances in ten vegetable and fruit by-products from a food supply chain in Colombia. *Sustainable Production and Consumption*, 9, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.07.005>
- Amarasinghe, N. K., Wickramasinghe, I., Wijesekara, I., Thilakarathna, G. Deyalage, S. T. (2021). Functional, Physicochemical, and Antioxidant Properties of Flour and Cookies from Two Different Banana Varieties (*Musa acuminata* cv. Pisang awak and *Musa acuminata* cv. Red dacca). *International Journal of Food Science*, 2021, 1-9. doi.org/10.1155/2021/6681687.
- Andrade, J. K. S., De O Barretto, L. C., Narain, N., Narain, N., Santos, J. A. B. D. (2018). Harnessing passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*) for the preparation of stuffed cookies. *Acta horticultrae*, 1198, 205-212. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2018.1198.33>
- Angulo, A., De Souza R, V., Augustus, R., Matta, F. (2018). Caracterización de subproductos agroindustriales: naranja y maracuyá. *Ingeniería y Región*, 20, 59–66. [doi:10.25054/22161325.1916](https://doi.org/10.25054/22161325.1916).
- Arifin, N., Peng, K. S., Long, K., Ping, T. C., Affandi Yusoff, M. S., Nor Aini, I., Ming, L. O. (2010). Relationship between textural properties and sensory qualities of cookies made

- from medium- and long-chain triacylglycerol-enriched margarines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(6), 943–948. Portico. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3886>
- Ayegba C., Makinde O., Obigwa P., Oriajogun J. (2017). Effect of Drying Temperature on Nutritional Content of Moringa Oleifera Leave. *World Journal of Food Science and Technology*, 1(3), 93-96. <https://doi.org/10.11648/j.wjfst.20170103.11>
- Azaripour, A., Abbasi, H. (2019). Effect of type and amount of modified corn starches on qualitative properties of low-protein biscuits for phenylketonuria. *Food Science and Nutrition*, 8(1), 281-290. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1304>
- Basanta, M. F., Rizzo, S. A., Szerman, N., Vaudagna, S. R., Descalzo, A. M., Gerschenson, L. N., Pérez, C. D. Rojas, A. M. (2018). Plum (*Prunus salicina*) peel and pulp microparticles as natural antioxidant additives in breast chicken patties. *Food Research International*, 106, 1086-1094. doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.011
- Bello, F. A., Akpan, E. E., Ntukidem, V. E. (2020). Development and quality characteristics of cookies from sprouted sorghum, pigeon pea and orange fleshed sweet potato flour blends. *European journal of nutrition y food safety*, 11-21. <https://doi.org/10.9734/ejnf/2020/v12i230189>
- Bhol, S. John Don Bosco, S. (2014). Influence of malted finger millet and red kidney bean flour on quality characteristics of developed bread. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 294-300. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.012>
- Bogdan, C., Hales, D., Cornilă, A., Casian, T., Iovanov, R. I., Tomuta, I., Iurian, S. (2023). Texture analysis – a versatile tool for pharmaceutical evaluation of solid oral dosage forms. *International Journal of Pharmaceutics*, 638, 122916. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2023.122916>
- Bolek, S. (2020). Olive stone powder: A potential source of fiber and antioxidant and its effect on the rheological characteristics of biscuit dough and quality. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*, 64, 102423. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102423>
- Buckman, E.S., Oduro, I., Plahar, WA Tortoe, C. (2017). Determinación de las propiedades químicas y funcionales de la harina de ñame (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) para sistemas alimentarios. *Ciencia de los alimentos y nutrición*, 6 (2), 457–463. doi: 10.1002 / fsn3.574
- Burri, B. J. (2014). Beta-cryptoxanthin as a source of vitamin A. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1786-1794. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6942>

- Cabrera, A., Gaytán, M., Gonzáles, E., Ramírez, A. K., Velazquez, G., Villamiel, M., Morales, E. (2023). Flours from popped grains: physicochemical, thermal, rheological, and techno-functional properties. *Food Hydrocolloids*, 135, 108129. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108129>
- Cañizares, C., Jaramillo, A. (2015). El Cultivo de la Maracuyá en *Ecuador*. UTMACH.1 ed. Ecuador. p. 13-19.
- Cao, Q., Teng, J., Wei, B., Huang, L., Xia, N. (2021). Phenolic compounds, bioactivity, and bioaccessibility of ethanol extracts from passion fruit peel based on simulated gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 356, 129682. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129682>
- Cardoso, R. V. C., Fernandes, Â., Heleno, S. A., Morales, P., González-Paramás, A. M., Barros, L., Ferreira, I. C. (2019). Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry*, 280, 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.063>
- Carretero Domínguez, Miguel Ángel. (2014). Análisis sensorial. Dirección de Investigación Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Primera edición. Puebla, Puebla, México.
- Carvajal L., Turbay, S., Marely, A., Rodríguez, A., Alvarez, J., Bonilla, K., Restrepo, S., Parra, M. (2014). Relación entre los usos populares de la granadilla (*passiflora ligularis juss*) y su composición fitoquímica. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 12(2), 185-196. Retrieved December 07, 2021, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000200021&lng=en&nytlng=es.
- Casarotti, S. N., Borgonovi, T. F., Batista, C. L. F. M., Penna, A. L. B. (2018). Guava, orange and passion fruit by-products: Characterization and its impacts on kinetics of acidification and properties of probiotic fermented products. *LWT*, 98, 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.010>
- Célia, J. A., Resende, O., De Lima, M. S., Correia, J. S., De Oliveira, K. B., Takeuchi, K. P. (2022). Technological properties of gluten-free biscuits from sorghum flour granifero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.29222>
- Cervantes, R. J. E., Cabrera, R. A., Morales-, S. E., Rodriguez, G. M. E., De La Luz Reyes, V. M., Ramírez, J. A. K., Contreras, J. B., Gaytán, M. M. (2020). Amylose-lipid complex

- formation from extruded maize starch mixed with fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 246, 116555. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116555>
- Chakraborty, R., Das, A. (2019). Artificial sweeteners. En *Elsevier eBooks* (pp. 30-34). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21619-3>
- Chandra, M., Shamasundar, B. (2014). Texture profile analysis and functional properties of gelatin from the skin of three species of fresh water fish. *International Journal of Food Properties*, 18(3), 572-584. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.845787>
- Chaparro A., S. P., Gil G., J. H., Aristizábal T., I. D. (2012). Physicochemical characteristics and functional properties of vitabosa (*mucuna deeringiana*) and soybean (*glycine max*). *Food Science and Technology*, 32(1), 98–105. doi:10.1590/s0101-20612012005000007
- Chieh, P. C. (2014). Water. *Bakery Products Science and Technology*, 127-152. <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch7>
- Chinma, C. E., Ezeocha, V. C., Adebo, O. A., Adebo, J. A., Sonibare, A. O., Abbah, J. N., Danbaba, N., Makinde, F. M., Wilkin, J., Bamidele, O. P. (2024). Physicochemical properties, anti-nutritional and bioactive constituents, in vitro digestibility, and techno-functional properties of bioprocessed whole wheat flour. *Journal Of Food Science*, 89(4), 2202-2217. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16984>
- Claro, M., Péres, G., Teixeira, S. A. (2018). Propriedades funcionais da casca do maracujá amarelo (*passiflora edulis*) na síndrome metabólica. *DEMETRA: Alimentação, Nutrição y Saúde*, 13(1), 181-194. <https://doi.org/10.12957/demetra.2018.28957>
- Coelho, E. M., de Azevêdo, L. C., Viana, A. C., Ramos, I. G., Gomes, R. G., Lima, M. dos S., Umsza-Guez, M. A. (2017). Physico-chemical properties, rheology and degree of esterification of passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) peel flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), 166–173. doi:10.1002/jsfa.8451
- Costa, B., De Liz, F., Ferreira, J., Santos, C., Gonçalves, T., Balbi, M. (2019). Uso da farinha da casca do maracujá amarelo (*Passiflora Edulis f. Flavicarpa Deg. - Família Passifloraceae*) na formulação de macarrão caseiro. *Visão Acadêmica*, 19(4). doi:10.5380/acd.v19i4.65496
- Curi, P. N., Carvalho, C. D. S., Salgado, D. L., Pio, R., Pasqual, M., De Souza, F. B. M., De Souza, V. R. (2017). Influence of different types of sugars in physalis jellies. *Food Science and Technology*, 37(3), 349-355. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.08816>
- Da Silva, E., Da Silva, W. P., Gomes, J. P., Gomes, J. P., De Souto, L. M., Costa, Z. R. T. (2019). Physico-chemical characteristics of passion fruit flour under removal of flavedo

- and of maceration. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(11), 869-875. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n11p869-875>.
- De Albuquerque, T. M. R., Borges, C. W. P., Cavalcanti, M. T., Lima, M. D. S., Magnani, M., De Souza, E. L. (2020). Potential prebiotic properties of flours from different varieties of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) roots cultivated in northeastern Brazil. *Food bioscience*, 36, 100614. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100614>
- De Castro, G. T., Tridapalli, L. P., Fernandes, A. M. D., Bona, E., Leimann, F. V., Droval, A. A., Cardoso, F. A. R., Marques, L. L. M., Consolin-Filho, N., Fuchs, R. H. B. (2021). Evaluation of the substitution of common flours for gluten-free flours in cookies. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2). <https://doi.org/10.1111/jfpp.16215>.
- De Simas, K. N., Vieira, L. do N., Podestá, R., Müller, C. M. O., Vieira, M. A., Beber, R. C., Reis, M. S., Barreto, P. L. M., Amante, E. R., y Amboni, R. D. M. C. (2009). Effect of king palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. *International Journal Of Food Science & Technology*, 44(3), 531–538. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01840.x>
- De Toledo, N. M., Regitano-D'Arce, M. A. B., Ramos, P. S., Button, D. C., Sant'Ana, A. S., Canniatti-Brazaca, S. G. (2018). Potentials and Pitfalls on the use of Passion Fruit By-Products in Drinkable yogurt: physicochemical, technological, microbiological, and sensory aspects. *Beverages*, 4(3), 47. <https://doi.org/10.3390/beverages4030047>
- Devi, L., Devi, H., Nilima, K., Toijam S. (2018). Development of functional biscuit with wheat flour, soy flour and banana rhizome starch. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(5):998-1001.
- Dias, P., Sajiwanie, J., Rathnayaka, R. (2020). Chemical composition, physicochemical and technological properties of selected fruit peels as a potential food source. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S240-S251. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1717402>
- Domínguez R., G., García, M. L. S., Plaza, M., Marina, M. L. (2019). Revalorization of *Passiflora* species peels as a sustainable source of antioxidant phenolic compounds. *Science of The Total Environment*, 696, 134030. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134030>
- Domínguez R., G., Marina, M. L., Plaza, M. (2022). Rapid fingerprinting of extractable and non-extractable polyphenols from tropical fruit peels using direct analysis in real time

- coupled to orbitrap mass spectrometry. *Food Chemistry*, 371, 131191. doi:10.1016/j.foodchem.2021.131191
- Dong, W., Li, L., Cao, R., Xu, S., Cheng, L., Yu, M., Lv, Z., Lu, G. (2020). Changes in cell wall components and polysaccharide-degrading enzymes in relation to differences in texture during sweet potato storage root growth. *Journal of Plant Physiology*, 254, 153282. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153282>
- Du, L., Prasad, A., Gänzle, M. G., Roopesh. (2020). Inactivation of salmonella spp. in wheat flour by 395 Nm Pulsed light emitting diode (LED) treatment and the related functional and structural changes of gluten. *Food Research International*, 127, 108716. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108716>
- Duarte, Y., Chaux, A., López, N., Largo, E., Ramírez, C., Nuñez, H., Simpson, R., Vega-Castro, O. (2016). Effects of blanching and hot air-drying conditions on the physicochemical and technological properties of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Var. *flavicarpa*) by-Products. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), e12425. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12425>
- Dzimińska, P., Drzewiecki, S., Ruman, M., Kosek, K., Mikołajewski, K., Licznar, P. (2021). The use of cluster analysis to evaluate the impact of COVID-19 pandemic on daily water demand patterns. *Sustainability*, 13(11), 5772. <https://doi.org/10.3390/su13115772>
- Egbonu, A. Osuji, C., 2016. Proximate Compositions and Antibacterial Activity of Citrus sinensis (Sweet Orange) Peel and Seed Extracts. *European Journal of Medicinal Plants*, 12(3), pp.1-7
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, Technological Functionality and Commercial Applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411-421. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>
- Farooq, Z., Boye, J. I. (2011). Novel food and industrial applications of pulse flours and fractions. En *Elsevier eBooks* (pp. 283-323). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-382018-1.00011-3>
- Fernández, J., Sendra, E., Navarro, C., Sayas, E., Viuda, M., Alvarez, J. A. P. (2009). Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(4), 748-756. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01892.x>

- Fiszman, S., Sanz, T., Salvador, A. (2013). Instrumental assessment of the sensory quality of baked goods. En *Elsevier eBooks* (pp.374-402). <https://doi.org/10.1533/9780857098856.3.374>
- Flores Vera, N. (2015). Entrenamiento de un panel de evaluación sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/137798>
- Freitas, C. M. P., Sousa, R. C. S., Dias, M. M. S., Coimbra, J. S. D. R. (2020). Extraction of pectin from passion fruit peel. *Food Engineering Reviews*, 12(4), 460-472. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09254-9>
- Frijters, J. (1987). Sensory Sweetness Perception, Its Pleasantness, and Attitudes to Sweet Foods. En *ILSI human nutrition reviews* (pp. 67-80). https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1429-1_5
- Galanakis, C. M. (2021). Functionality of food components and emerging technologies. *Foods*, 10(1), 128. <https://doi.org/10.3390/foods10010128>
- Galanakis, C. M., Cvejić, J., Verardo, V., Segura-Carretero, A. (2022). Food use for social innovation by optimizing food waste recovery strategies. En *Elsevier eBooks* (pp. 209-227). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85203-6.00016-5>
- Garcia, M. V., Milani, M. S., Ries, E. F. (2019). Production optimization of passion fruit peel flour and its incorporation into dietary food. *Food Science and Technology International*, 26(2), 132-139. <https://doi.org/10.1177/1082013219870011>
- Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N., y Mihoubi, N. B. (2012). Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products*, 40, 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.03.009>
- Guiné, R. (2016). Evaluation of colour and texture of a Portuguese traditional sweet: “egg chestnut”. *Agriculture and Food*, 4, 160-170. <https://www.scientific-publications.net/en/article/1001032/>
- Guiné, R. P. F., Souta, A., Gürbüz, B., Almeida, E., Lourenço, J., Marques, L., Pereira, R., Gomes, R. (2019). Textural Properties of Newly Developed Cookies Incorporating Whey Residue. *Journal of Culinary Science yamp; Technology*, 18(4), 317–332. <https://doi.org/10.1080/15428052.2019.162178>

- Hajas, L., Sipos, L., Csobod, É. C., Bálint, M. V., Juhász, R., Benedek, C. (2022). Lentil (*Lens Culinaris Medik.*) Flour varieties as promising new ingredients for Gluten-Free cookies. *Foods*, 11(14), 2028. <https://doi.org/10.3390/foods11142028>
- Heidenreich, S.; Jaros, D.; Rohm, R.; Ziemis, A. 2004. Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps. *Journal of Texture Studies* 35, 621–633.
- Hernández, S. B., Vivar-Vera, M. de los Á., Rodríguez M., J., Herman L., E., Torruco U., J. G., Acevedo, V.I, O., Martínez, S., C. E. (2014). Dietary fibre and antioxidant compounds in passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) peel and depectinised peel waste. *International Journal of Food Science y Technology*, 50(1), 268–274. doi:10.1111/ijfs.12647
- Hiep T., Tuan B. Q., Phuong L V, Son N H, Ha L V., Trach N X. (2020) Passion fruit (*Passiflora edulis*) peel as feed for ruminants in Vietnam: Quantification, chemical composition and possibility to make silage. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 32, Article #35. Retrieved December 7, 2021, from <http://www.lrrd.org/lrrd32/2/trach32035.html>
- Ho, L., Latif, N. W. B. A. (2016). Nutritional composition, physical properties, and sensory evaluation of cookies prepared from wheat flour and pitaya (*Hylocereus undatus*) peel flour blends. *Cogent food y agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1136369>
- Huatuco, L., Achulla, P., Flores, A. (2020). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de granadilla (*Passiflora ligularis juss*) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces. *Tayacaja*, 3(2):181-197.
- Indiarto, R., Reni, R., Utama, G. L., Subroto, E., Pangawikan, A. D., Djali, M. (2022). The physicochemical, antioxidant, and sensory properties of chocolate biscuits incorporated with encapsulated mangosteen (*Garcinia mangostana l.*) peel extract. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 122-138. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2159429>
- Jia, M., Yu, Q., Chen, J., He, Z., Chen, Y., Xie, J., Nie, S., Xie, M. (2020). Physical quality and in vitro starch digestibility of biscuits as affected by addition of soluble dietary fiber from defatted rice bran. *Food Hydrocolloids*, 99, 105349. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105349>.

- Jiamjariyatam, R., Thongrod, W., Koocharoenpibal, N. (2023). Durian (*Durio Zibethinus*) Peel flour as novel ingredient in Gluten-Free Biscuit: Physico-Chemical, Technological and Nutritional perspective. *Journal of Culinary Science y Technology*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/15428052.2023.2199694>
- Jiménez, A. M., Sierra, C. A., Rodríguez-Pulido, F. J., González-Miret, M. L., Heredia, F. J., Osorio, C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis Sims. fo edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International*. 44(7), 1912–1918. doi:10.1016/j.foodres.2010.11.007
- Jonkers, N., Van Dommelen, J., Geers, M. (2021). Intrinsic mechanical properties of food in relation to texture parameters. *Mechanics of Time-dependent Materials*, 26(2), 323-346. <https://doi.org/10.1007/s11043-021-09490-4>
- Jose, M., Himashree, P., Sengar, A. S., Sunil, C. K. (2022). Valorization of food industry by-product (Pineapple Pomace): A study to evaluate its effect on physicochemical and textural properties of developed cookies. *Measurement: Food*, 6, 100031. doi: 10.1016/j.meafoo.2022.100031
- Kasapis, S., Bannikova, A. (2017). Rheology and food microstructure. En *Elsevier eBooks* (pp. 7-46). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100431-9.00002-4>
- Kasaye A., T. (2018). Influence of Drying Methods on Flour Quality and Cyanide Content of Cassava Root Tuber. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 7(4), 142. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20180704.15>
- Kaur, P., Sharma, P., Kumar, V., Panghal, A., Kaur, J., Gat, Y. (2019). Effect of addition of flaxseed flour on phytochemical, physicochemical, nutritional, and textural properties of cookies. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 372–377. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.12.004>
- Kohajdová, V., Karovičová, J. Lauková, M. (2018). Physical, Textural and Sensory Properties of Cookies Incorporated with Grape Skin and Seed Preparations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68(4), 309-317. <https://doi.org/10.2478/pjfn-2018-0004>
- Komarek, A.R., Manson, H., Theix, N. (1996). Crude fiber determinations using the ANKOM fiber system. ANKOM technology publication 102.
- Kondratyuk, T. P., Pezzuto, J. M. (2004). Natural product polyphenols of relevance to human health. *Pharmaceutical Biology*, 42(sup1), 46-63. <https://doi.org/10.3109/13880200490893519>

- Korese, J. K., Chikpah, S. K., Hensel, O., Pawelzik, E., Sturm, B. (2021). Effect of orange-fleshed sweet potato flour particle size and degree of wheat flour substitution on physical, nutritional, textural and sensory properties of cookies. *European Food Research and Technology*, 247(4), 889–905. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03672-z>
- Krajewska, A., Dziki, D. (2023). Physical properties of shortbread biscuits enriched with dried and powdered fruit and their by-products: a review. *International Agrophysics*, 37(3), 245-264. <https://doi.org/10.31545/intagr/165803>
- Kweon, M., Slade, L., Levine, H., Gannon, D. (2013). Cookie- versus Cracker-Baking—What’s the difference? Flour functionality requirements explored by SRC and Alveography. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(1), 115-138. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.578469>
- Le-Bail, P., Hesso, N., Le-Bail, A. (2018). Starch in Baked Products. *Starch in Food* (2.a ed., pp. 595-632). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100868-3.00015-9>
- Lewis, M. (2023). Food Rheology—Texture and Fundamental Properties. *Elsevier eBooks* (pp. 95-105). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821182-3.00004-2>
- Lima, E. R., Matos, T. B., Sousa, T. R. De, Pereira, I. De O., Pereira, R., Paula, S. A. De, Milagres, M. P. (2021). Development and characterization of cookies using passion fruit from the caatinga (*Passiflora cincinnata* Mast.). *Food Science and Technology*. doi:10.1590/fst.56220
- Mabogo, F. A., Mashau, M., Ramashia, S. E. (2021). Effect of partial replacement of wheat flour with unripe banana flour on the functional, thermal, and physicochemical characteristics of flour and biscuits. *International Food Research Journal*, 28(1), 138–147. <https://doi.org/10.47836/ifrj.28.1.14>
- Macedo, M. C. C., Da Veiga Correia, V. T., Silva, V. D. M., Pereira, D. T. V., Augusti, R., Melo, J. O. F., Pires, C. V., De Paula, A. C. C. F. F., Fante, C. A. (2023). Development and characterization of yellow passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa*). *Metabolites*, 13(6), 684. <https://doi.org/10.3390/metabo13060684>
- Mahloko, L. M., Silungwe, H., Mashau, M. E., Kgatla, T. E. (2019). Bioactive compounds, antioxidant activity and physical characteristics of wheat-prickly pear and banana biscuits. *Heliyon*, 5(10), e02479. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02479>
- Mahmoud, E. A., Mehder, A. O. A. (2022). The manufacture of three types of organic butternut squash flour and their impact on the development of some oat gluten-free products.

- Arabian *Journal of Chemistry*, 15(9), 104051.
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104051>
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Marangoni, A. G., Goldstein, A., Seetharaman, K. (2014). Lipids. *John Wiley y Sons, Ltd eBooks* (pp. 223-241). <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch12>
- Mariotti, M., Lucisano, M. (2014). Sugar and Sweeteners. *Bakery Products Science and Technology* (2.a ed., pp. 199-221). <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch11>
- Marques, S. D. S. F., Libonati, R. M. F., Sabaa-Srur, A. U. O., Luo, R., Shejwalkar, P., Hara, K., Dobbs, T. K., Smith, R. E. (2016). Evaluation of the effects of passion fruit peel flour (*Passiflora edulis Fo. flavicarpa*) on metabolic changes in HIV patients with lipodystrophy syndrome secondary to antiretroviral therapy. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(4), 420-426. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.03.002>
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V., Carr, B. T. (2015). Sensory evaluation techniques. *CRC Press eBooks* (5.a ed.). Taylor y Francis. <https://doi.org/10.1201/b19493>
- Melese, A. D., Keyata, E. O. (2022). Effects of blending ratios and baking temperature on physicochemical properties and sensory acceptability of biscuits prepared from pumpkin, common bean, and wheat composite flour. *Heliyon*, 8(10), e10848.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10848>
- Mezzomo, N., Ferreira, S. R. (2016). Carotenoids Functionality, sources, and Processing by Supercritical Technology: A review. *Journal of Chemistry*, 2016, 1-16.
<https://doi.org/10.1155/2016/3164312>
- Miskelly, D., Suter, D. (2017). Assessing and managing Wheat-Flour Quality before, during and after milling. *Elsevier eBooks* (pp. 607-634). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100719-8.00022-x>
- Misra, N., Tiwari, B. K. (2014). Biscuits. *Bakery Products Science and Technology*, 585-601.
<https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch33>
- Moraes, E. de M., Silva, L. H. da. (2023). Substituintes da farinha de trigo na elaboração de produtos de panificação sem glúten - uma revisão. *Research, Society and Development*, 12(3), e3512328931. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i3.28931>
- Morales, E., Campos-Vega, R., Gaytán-Martínez, M., Enriquez, L. Loarca-Piña, G. (2017). Functional and textural properties of a dehulled oat (*Avena sativa* L) and pea (*Pisum*

- sativum) protein isolate cracker. *LWT*, 86, 418-423. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.015>
- Morris, D. H., y Vaisey, M. (2003). MARGARINE | Dietary Importance. *Elsevier eBooks* (pp. 3719-3725). <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00741-0>
- Mrowicka, M., Mrowicki, J., Kucharska, E., Majsterek, I. (2022). Lutein and zeaxanthin and their roles in Age-Related Macular Degeneration—Neurodegenerative disease. *Nutrients*, 14(4), 827. <https://doi.org/10.3390/nu14040827>
- Mueller, L., Boehm, V. (2011). Antioxidant activity of B-Carotene compounds in different in vitro assays. *Molecules*, 16(2), 1055-1069. <https://doi.org/10.3390/molecules16021055>
- Murillo Baca, S., Ponce R., F. Huamán M., M. (2020). Características fisicoquímicas, contenido de compuestos bioactivos y minerales en la harina de cáscara de fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Manglar*, 17 (1), 67–73. doi: 10.17268 / manglar.2020.011
- Naknaen, P., Itthisoponkul, T., Sondee, A., Angsombat, N. (2016). Utilization of watermelon rind waste as a potential source of dietary fiber to improve health promoting properties and reduce glycemic index for cookie making. *Food Science and Biotechnology*, 25(2), 415-424. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0057-z>
- Ngo, H. B. G., Phu, M. L., Tran, T. T. T., Ton, N. M. N., Nguyen, T. Q. N., Le, V. V. M. (2024). Dietary fiber- and antioxidant-enriched cookies prepared by using jackfruit rind powder and ascorbic acid. *Heliyon*, 10(9), e30884. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30884>
- Nicole, T. Z. H., Nichelle, T. S., Elizabeth, T. E. Yuliarti, O. (2021). Formulation of functional crackers enriched with fermented soybean (tempeh) paste: rheological and microstructural properties. *Future Foods*, 4, 100050. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100050>
- Nishinari, K., Fang, Y. (2018). Perception and measurement of food texture: solid foods. *Journal of Texture Studies*, 49(2), 160-201. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12327>
- Noah, A. A., Adedeji, M. (2021). Quality assessment of cookies produced from wheat and red kidney bean flour. *International Journal Of Food And Nutritional Sciences*, 10(1), 6. https://doi.org/10.4103/ijfns.ijfns_13_20
- Nor, M. M., Loh, S. P., Liew, J., Rahman, M. M., Hamid, M. A., Maslan, H., Rosdi, M. A. M., Hamzah, S. (2021). Comparative studies of physicochemical properties of sweet potato (*Ipomoea batatas*) cookies from different variations of sweet potato. *IOP Conference*

Series: Earth and Environmental Science, 756(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/756/1/012070>

- NTP (Norma Técnica Peruana) 206.001 (2016) Productos de panadería. Galletas. 2 edición Instituto Nacional de Calidad (INACAL).Lima (Perú).
- Nurfirdausi, A., Aini, N., Dwiyanti, H. (2023). Characteristics of gluten-free cookies from konjac, jack beans and dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *IOP Conference Series. Earth And Environmental Science*, 1200(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1200/1/012025>
- Ocheme, O. B., Adedeji, O. E., Chinma, C. E., Yakubu, C. M., Ajibo, U. H. (2018). Proximate composition, functional, and pasting properties of wheat and groundnut protein concentrate flour blends. *Food Science & Nutrition*, 6(5), 1173-1178. <https://doi.org/10.1002/fsn3.670>
- Okin, O. A., Olapade, A. A., Awofadeju, O. F. J. (2021). Physical, chemical and sensory characteristics of cookies produced from fermented sorghum flour composited with roasted pigeon pea flour. *Nigerian Agricultural Journal*, 52(2), 41-46. <https://www.ajol.info/index.php/naj/article/view/214038>
- Oliveira, C., Gurak, P., Cladera, F., Marczak, L. (2016). Evaluation of physicochemical, technological and morphological characteristics of powdered yellow passion fruit peel. *International Food Research Journal* 23(4): 1653-1662
- Olmedilla, A. B., Granado, L. F., Blanco, N. I. (2001). Carotenoides y salud humana. En Fundación Española De La Nutrición (F.E.N.). Recuperado 4 de agosto de 2023, de <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/1522007542.pdf>
- Oyeyinka, S. A., Taiwo, O. E., Abdul, H., Rustria, G. A., Oyedeji, A. B., Adebo, O. A., Gerrano, A. S., Amoo, S. O., Njobeh, P. B. (2023). Enhancement of the functional, pasting, and textural properties of Pounded yam flour through Cassava flour supplementation. *Food chemistry advances*, 3, 100372. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100372>
- Oyeyinka, S. A., Bassey, I. V. (2023). Composition, Functionality, and Baking Quality of Flour from Four Brands of Wheat Flour. *Journal Of Culinary Science & Technology*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/15428052.2023.2191874>
- Özdoğan, G., Lin, X., Sun, D. (2021). Rapid and noninvasive sensory analyses of food products by hyperspectral imaging: Recent application developments. *Trends In Food Science And Technology*, 111, 151-165. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.044>

- Paiva, I., Santos, S. C. L. (2021). O maracujazeiro-do-mato (*Passiflora cincinnata mast.*) e sua importância econômica: uma revisão narrativa. *Research, Society and Development*, 10(7), e18210716464. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16464>
- Pandey, K. B., Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270-278. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Pascua, Y., Koç, H., Foegeding, E. A. (2013). Food structure: Roles of mechanical properties and oral processing in determining sensory texture of soft materials. *Current Opinion in Colloid y Interface Science*, 18(4), 324-333. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2013.03.009>
- Pasqualone, A., Makhlof, F. Z., Barkat, M., Difonzo, G., Squeo, G., Caponio, F. (2019). Effect of acorn flour on the physico-chemical and sensory properties of biscuits. *Heliyon*, 5(8), e02242. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02242>
- Peleg, M. (2019). The Instrumental Texture Profile analysis revisited. *Journal of Texture Studies*, 50(5), 362-368. <https://doi.org/10.1111/jtxs.1239>
- Pematilleke, N., Kaur, M., Adhikari, B., Torley, P. (2021). Relationship between instrumental and sensory texture profile of beef Semitendinosus muscles with different textures. *Journal of Texture Studies*, 53(2), 232-241. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12623>
- Pérez, J., Neveu, V., Vos, F., Scalbert, A. (2010). Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(S3), S112-S120. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.221>
- Perin, E. C., Heidmann, P. M., Patel, V., Barbosa, J. S., Pieta, F., Lucchetta, L., Vieira, N. P., Carvalho, I. R., Pinto, E. P., Machado-Lunkes, A. (2021). Cajá-manga Peel: Evolution of sensory, chemical and physical characteristics from flour to bread production. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00968-w>
- Phillips, K. F. (2023, 3 enero). Measuring the color of flour ensures quality control in an evolving marketplace. Recuperado 20 de agosto de 2023, de <https://www.hunterlab.com/blog/measuring-the-color-of-flour-ensures-quality-control-in-an-evolving-marketplace/>
- Pineli, L. L. O., Carvalho, M. V., De-Aguiar, L. A., Oliveira, G. T., Celestino, S. M. C., Botelho, R. B. A., Chiarello, M. D., (2015). Use of baru (*Brazilian almond*) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. *LWT - Food Sci. Technol.*, 60(1), 5–55. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.035>

- Pons, M., Fiszman, S. (1996). Instrumental texture profile analysis with reference to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, 27(6), 597-624. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1996.tb00996.x>
- Purohit, S., Barik, C. R., Kalita, D., Sahoo, L., Goud, V. V. (2021). Exploration of nutritional, antioxidant and antibacterial properties of unutilized rind and seed of passion fruit from Northeast India. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3153–3167. doi:10.1007/s11694-021-00899-6
- Rahman, M. M., Al-Attabi, Z., Al-Habsi, N., Al-Khusaibi, M. (2021). Measurement of Instrumental Texture Profile Analysis (TPA) of Foods. En Springer eBooks (pp. 427-465). https://doi.org/10.1007/978-3-030-68636-9_17
- Ramos, E. (2023, 26 mayo). Perú exportó pulpa de maracuyá por US\$ 2.2 millones entre enero y abril de 2023. *Agencia Agraria de Noticias*. <https://agraria.pe/noticias/peru-exporto-pulpa-de-maracuya-por-us-2-2-millones-entre-ene-31929>
- Rana, A., Samtiya, M., Dhewa, T., Mishra, V., Aluko, R. E. (2022). Health benefits of Polyphenols: A Concise Review. *Journal of Food Biochemistry*, 46(10). <https://doi.org/10.1111/jfbc.14264>
- Reina, C. E., Dussan Parra, S., Sánchez, R. (1999). Manejo postcosecha y evaluación de la calidad de maracuyá (*Passiflora edulis*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. en Universidad Surcolombiana eBooks. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/4692>
- Reis, C. C., Freitas, S. P., Lorentino, C. M. A., Fagundes, T. da S. F., da Matta, V. M., dos Santos, A. L. S., Moreira, D. de L., Kunigami, C. N., Jung, E. P., Ribeiro, L. de O. (2023). Bioproducts from *Passiflora cincinnata* Seeds: The Brazilian Caatinga Passion Fruit. *Foods*, 12(13), 2525. <https://doi.org/10.3390/foods12132525>
- Reis, L. C. R. D., Facco, E. M. P., Salvador, M., Flôres, S. H., De Oliveira Rios, A. (2018a). Characterization of orange passion fruit peel flour and its use as an ingredient in bakery products. *Journal of Culinary Science y Technology*, 18(3), 214-230. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1564103>
- Reis, L. C. R. D., Facco, E. M. P., Salvador, M., Flôres, S. H., De Oliveira Rios, A. (2018b). Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2679-2691. <https://doi.org/10.1007/S13197-018-3190-2>

- Ribeiro, T. H. S., Barros, B. C. B., Montanuci, F. D., Ruiz, S. P. (2018). Physicochemical and sensory characterization of gluten-free fresh pasta with addition of passion fruit peel flour. *Ciencia Rural*, 48(12). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180508>
- Rosenthal, A. J. (1999). *Food Texture: Measurement and Perception* (1999.a ed.). Springer.
- Schneider, V. S., Bark, J. M., Winnischofer, S. M. B., Dos Santos, E. F., Iacomini, M., Cordeiro, L. M. C. (2020). Dietary fibres from guavira pomace, a co-product from fruit pulp industry: Characterization and cellular antioxidant activity. *Food Research International*, 132, 109065. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109065>
- Schotsmans, W. C., Fischer, G. (2011). Passion fruit (*Passiflora edulis Sim.*). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 125–143e. <https://doi.org/10.1533/9780857092618.125>
- Serna Cock, L., Torres León, C. (2014). Potencial agroindustrial de cáscaras de mango de las variedades Keitt, y Tommy Atkins (*Mangifera indica*). *Acta Agronómica*, 64(2), 110–115. doi:10.15446/acag.v64n2.43579
- Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter Disciplina*, 7(19), 47. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Sheikha, A. F. E. (2021). Food Authentication: Introduction, techniques, and Prospects. *Elsevier eBooks* (pp. 1-34). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821104-5.00006-4>
- SIEA (Sistema Integrado de Estadística Agraria). (2019). Calendario de Cosechas de Maracuyá. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/calendario/>
- Silva, E. I. G. E., Da Silva, J. B., Albuquerque, J. M., De Omena Messias, C. M. B. (2020). Physico-chemical characterization of tamarind residues (*Tamarindus indica L.*): nutritional and anti-nutritional potential. *O Mundo da saúde*, 44, 595-606. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.202044595606>
- Singh, R. V., Sambyal, K. (2022). An overview of β -carotene production: Current status and future prospects. *Food Bioscience*, 47, 101717. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101717>
- Starowicz, M., Zieliński, H. (2019). How Maillard reaction influences sensorial properties (Color, flavor and texture) of food products. *Food Reviews International*, 35(8), 707-725. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600538>

- Suleria, H. A. R., Barrow, C. J., Dunshea, F. R. (2020). Screening and characterization of phenolic compounds and their antioxidant capacity in different fruit peels. *Foods*, 9(9), 1206. <https://doi.org/10.3390/foods9091206>
- Sumanta, N., Haque, C. I., Jaishee, N., & Suprakash, R. (2014). Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Research Journal Of Chemical Sciences*, 4(9), 63-69. <http://www.isca.in/rjcs/Archives/v4/i9/12.ISCA-RJCS-2014-146.pdf>
- Sun, H., Wang, Y., He, Y., Liu, B., Mou, H., Chen, F., Yang, S. (2023). Microalgae-Derived pigments for the food industry. *Marine Drugs*, 21(2), 82. <https://doi.org/10.3390/md21020082>
- Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28(4), 385-389. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>
- Talma, S. V., Regis, S. A., Ferreira, P. R., Mellinger-Silva, C., y De Resende, E. D. (2019). Characterization of pericarp fractions of yellow passion fruit: density, yield of flour, color, pectin content and degree of esterification. *Food Science and Technology*, 39(suppl 2), 683-689. <https://doi.org/10.1590/fst.30818>
- Tanumihardjo, S. A. (2023). Carotenoids: health effects. *Elsevier eBooks* (pp. 154-161). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821848-8.00185-2>
- Temussi, P. A. (2007). The Sweet Taste Receptor: A Single Receptor with Multiple Sites and Modes of Interaction. *Advances in food and nutrition research* (pp. 199-239). [https://doi.org/10.1016/s1043-4526\(07\)53006-8](https://doi.org/10.1016/s1043-4526(07)53006-8)
- Tiencheu, B., Egbe, A. C., Achidi, A. U., Ngongang, E. F. T., Tenyang, N., Djikeng, F. T., Fossi, B. T. (2021). Effect of oven and sun drying on the chemical properties, lipid profile of soursop (*Annona muricata*) seed oil, and the functional properties of the defatted flour. *Food Science and Nutrition*, 9(8), 4156-4168. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2380>
- Tosh, S. M., Yada, S. (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43(2), 450-460. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.005>
- Trà, T. T. T., Phúc, L. N., Yên, V. T. N., Sang, L. T., Thu, N. T. A., Nguyệt, T. N. M. Mãn, L. V. V. (2021). Use of wheat flour and spent coffee grounds in the production of cookies with high fiber and antioxidant content: Effects of spent coffee grounds ratio on the product quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 947(1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/947/1/012044>

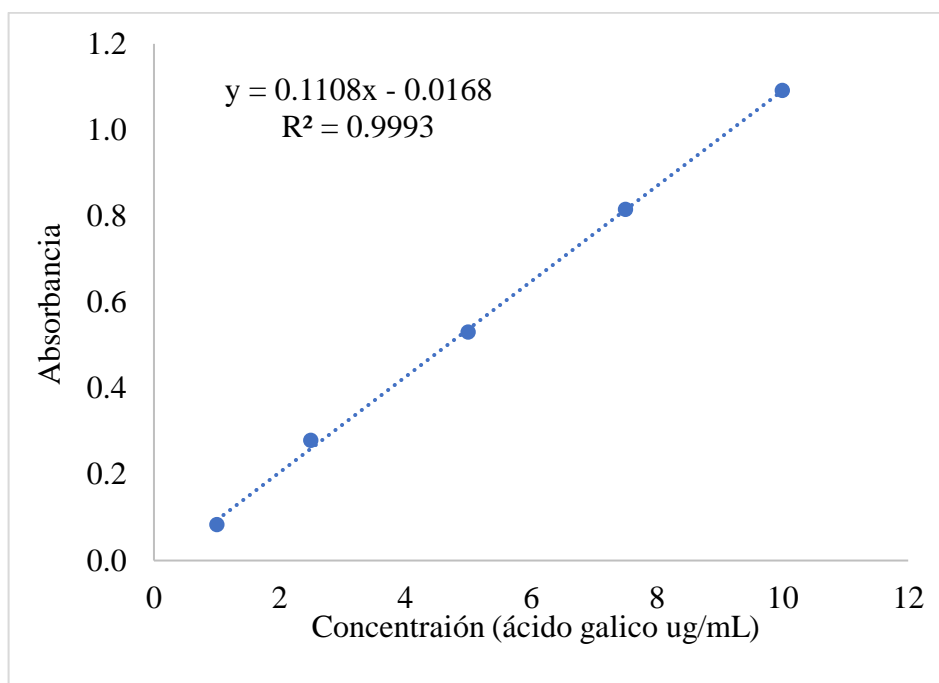
- Van Der Sman, R., Renzetti, S. (2018). Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2225-2239. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1442315>
- Vincent, J. F. V. 1998. The quantification of crispness. *Journal of Science of Food and Agriculture* 78,162–168.
- Vuolo, M. M., Lima, G. C., Batista, Â. M. V., Carazin, C. B. B., Cintra, D. E., Prado, M. P., Taba, M. (2020). Passion fruit peel intake decreases inflammatory response and reverts lipid peroxidation and adiposity in diet-induced obese rats. *Nutrition Research*, 76, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2019.08.000>
- Vuolo, M. M., Lima, G. C., Maróstica, M. R. (2019). Passiflora edulis Peel Flour and Health Effects. *Elsevier eBooks* (pp. 249-258). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814639-2.00020-4>
- Wang, N., Maximiuk, L., Fenn, D., Nickerson, M. T., Hou, A. (2020). Development of a method for determining oil absorption capacity in pulse flours and protein materials. *Cereal chemistry*, 97(6), 1111-1117. <https://doi.org/10.1002/cche.10339>
- Wee, M. S. M., Goh, A. T., Stieger, M., Forde, C. G. (2018). Correlation of instrumental texture properties from textural profile analysis (TPA) with eating behaviours and macronutrient composition for a wide range of solid foods. *Food y Function*, 9(10), 5301-5312. <https://doi.org/10.1039/c8fo00791h>
- Weng, M., Li, Y., Wu, L., Zheng, H., Lai, P., Tang, B., Luo, X. (2021). Effects of passion fruit peel flour as a dietary fibre resource on biscuit quality. *Food Science and Technology*, 41(1), 65–73. <https://doi.org/10.1590/fst.33419>.
- Yu, M., Wan, S., Song, H., Zhang, Y., Wang, C., Wang, H., Haowen, W. (2021). Sensory-Based identification of Aroma-Active compounds in hotpot seasoning before and after boiling. *Molecules*, 26(19), 5727. <https://doi.org/10.3390/molecules26195727>
- Zamora, R., Cayssials, V., Jenab, M., Rothwell, J. A., Fedirko, V., Aleksandrova, K., Tjønneland, A., Kyrø, C., Overvad, K., Boutron, M. C., Carbonnel, F., Mahamat-Saleh, Y., Kaaks, R., Kühn, T., Boeing, H., Trichopoulou, A., Valanou, E., Vasilopoulou, E., Masala, G., Scalbert, A. (2018). Dietary intake of total polyphenol and polyphenol classes and the risk of colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) cohort. *European Journal of Epidemiology*, 33(11), 1063-1075. <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0408-6>

- Zanetti, L., Murakami, A. E., Diaz-Vargas, M., Guerra, A. F. Q. G., Ospina-Rojas, I. C., Nascimento, G. R. D., Santos, T. C., Matumoto-Pintro, P. T. (2017). By-product of passion fruit seed (*Passiflora edulis*) in the diet of broilers. *Canadian Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0210>
- Zhang, J., Tao, S., Hou, G., Zhao, F., Meng, Q., Tan, S. (2023). Phytochemistry, nutritional composition, health benefits and prospects of *Passiflora*: A review. *Food Chemistry*, 428, 136825. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136825>

ANEXOS

Anexo I. Concentración de absorbancias y curva estándar para fenoles totales

Concentración (ug EAG/mL)	ABS (740 nm)
1	0,083
2,5	0,278
5	0,530
7,5	0,815
10	1,091



Anexo II. Ficha de prueba sensorial de galletas

PRUEBA SENSORIAL DE GALLETAS

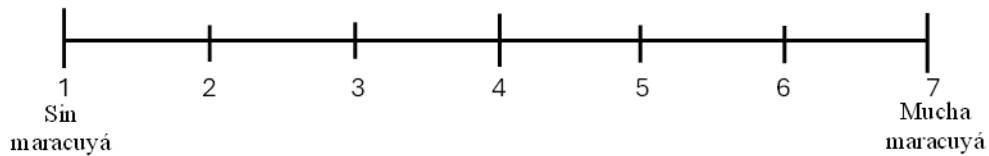
Frente a usted se presentan 4 muestras de galletas con sus respectivos códigos. Por favor, probarla y evaluarla cada una de ellas.

Marque con una línea vertical cada muestra con su respectivo código sobre la línea horizontal

EDAD: _____

ATRIBUTOS:

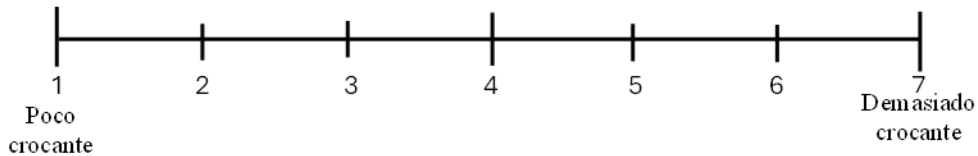
SABOR



DULZOR



TEXTURA



ACEPTABILIDAD: De acuerdo con lo probado evalué la aceptabilidad en general de cada una de las galletas:



Cuál de las muestras usted compraría, escribe el código y por qué lo elegiría:

Anexo III. Análisis de varianza del perfil de textura en las galletas con harina de cáscara de maracuyá.

Dureza

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	2919,995	973,332	14,80	<0,0001
Error	16	1052,252	65,766		
Total	19	3972,247			

$R^2 = 0,735$ $CV = 23,974$ $M.S.E. = 8,109$ $Media = 33,827$

Cohesividad

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	0,035	0,0116	2,33	0,1131
Error	16	0,080	0,005		
Total	19	0,115			

$R^2 = 0,304$ $CV = 17,585$ $M.S.E. = 0,071$ $Media = 0,403$

Fracturabilidad

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	1381,793	460,597	44,85	<0,0001
Error	16	164,322	10,270		
Total	19	1546,115			

$R^2 = 0,894$ $CV = 11,538$ $M.S.E. = 3,205$ $Media = 27,776$

Elasticidad

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	419,997	139,999	22,46	<0,0001
Error	16	99,720	6,233		
Total	19	519,718			

$R^2 = 0,808$ $CV = 34,079$ $M.S.E. = 2,496$ $Media = 7,326$

Gomosidad

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	316,337	105,446	6,55	0,0043
Error	16	257,729	16,1081		
Total	19	574,066			

$R^2 = 0,551$ $CV = 32,114$ $M.S.E. = 4,013$ $Media = 12,498$

Masticabilidad

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	94236,266	135609,296	12,15	0,0002
Error	16	41373,032	2585,815		
Total	19	135609,298			

$R^2 = 0,695$ $CV = 48,372$ $M.S.E. = 50,851$ $Media = 105,125$

Anexo IV. Análisis de varianza del color las galletas con harina de cáscara de maracuyá.**Cromocidad *L**

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	25,902	8,634	16,22	<0,0001
Error	24	12,775	0,532		
Total	27	38,677			

$R^2 = 0,669$ $CV = 0,921$ $M.S.E. = 0,729$ $Media = 79,206$

Cromocidad *a

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	11,575	3,858	42,65	<0,0001
Error	24	2,171	0,090		
Total	27	38,677			

$R^2 = 0,842$ $CV = -77,109$ $M.S.E. = 0,300$ $Media = 0,390$

Cromocidad *b

Factor de variación	Grados de libertad.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F cal.	P valor
Tratamientos	3	2,011	0,670	0,84	0,4869
Error	24	19,227	0,801		
Total	27	21,238			

$R^2 = 0,095$ $CV = -2,748$ $M.S.E. = 0,895$ $Media = 32,570$

Anexo V. Datos el análisis de color de las galletas con harina de cáscara de maracuyá

Disolvente: Acetona 80%			
Ch-a: Clorofila a (Abs 663 nm)	0,035	0,027	0,020
Ch-b: Clorofila b (Abs 645 nm)	0,017	0,015	0,010
Cx+c: Carotenoides (Abs 470 nm)	0,181	0,173	0,169
Ch-a: Clorofila a (ecuación 9)	-4,314	-3,854	-2,545
Ch-b: Clorofila b (ecuación 10)	0,187	0,185	0,113
Cx+c: Carotenoides (ug/mL) (ecuación 11)	0,874	0,830	0,828
Carotenoides (ug/g)	173,66	164,97	164,69
Promedio (ug/g)		167,77 ± 5,10	
Carotenoides (ug/100g)	17 365,82	16 497,28	16 469,33
Promedio (ug/100g)		16 777,48 ± 510	
Carotenoides (mg/g)	0,17	0,16	0,16
Promedio (mg/g)		0,168 ± 0,01	
Carotenoides (mg/100g)	17,37	16,50	16,47
Promedio (mg/100g)		16,78 ± 0,51	

Anexo VI. Datos del análisis de perfil de textura de las galletas con harina de cáscara de maracuyá

Tratamientos	Dureza	Fracturabilidad	Cohesividad	Elasticidad	Gomosidad	Masticabilidad
T-0M	11,38	17,36	0,29	1,25	8,02	39,6
T-0M	21,99	19,06	0,3	2,56	6,47	35,7
T-0M	22,36	18,24	0,36	2,76	9,58	34,9
T-0M	17,42	17,64	0,34	3,64	5,92	17,1
T-0M	26,81	17,12	0,41	2,88	12,05	49,5
T-8M	32,83	23,01	0,46	3,42	5,90	77,7
T-8M	27,73	14,30	0,30	2,27	8,27	36,7
T-8M	27,22	23,22	0,36	2,21	3,84	45,7
T-8M	35,56	16,26	0,36	2,21	12,96	18,3
T-8M	30,09	21,03	0,47	4,34	5,88	25,5
T-10M	36,64	18,46	0,35	5,8	6,70	117,6
T-10M	32,09	24,12	0,55	11,32	14,58	165,1
T-10M	26,89	23,71	0,36	15,85	6,04	95,7
T-10M	32,50	24,38	0,41	11,25	15,64	281,5
T-10M	28,83	24,34	0,49	13,12	6,28	98,1
T-12M	46,19	18,46	0,53	9,74	24,36	197,3
T-12M	42,38	24,12	0,42	13,66	21,47	113,9
T-12M	65,17	23,71	0,51	10,28	19,19	153,1
T-12M	71,75	24,38	0,42	17,2	14,25	259
T-12M	40,70	24,34	0,36	10,75	16,16	240,5

Anexo VII. Datos de la evaluación sensorial de galletas con harina de maracuyá

Panelistas	Tratamientos															
	T-0M				T-8M				T-10M				T-12M			
	Sabor	Dulzor	Textura	Aceptabilidad	Sabor	Dulzor	Textura	Aceptabilidad	Sabor	Dulzor	Textura	Aceptabilidad	Sabor	Dulzor	Textura	Aceptabilidad
1	2,1	6,3	2,8	5,6	2,1	6,3	2,8	5,6	5,9	6,7	4,5	4,5	4,2	4,2	7,0	5,6
2	3,5	2,1	4,9	7,0	3,5	2,1	4,9	7,0	6,3	6,3	5,9	2,8	4,9	3,6	6,4	5,6
3	3,5	2,1	2,8	4,2	3,5	2,1	2,8	4,2	5,9	5,6	5,6	3,9	6,3	4,5	1,4	3,1
4	1,4	2,5	6,4	4,9	1,4	2,5	6,4	4,9	6,4	6,4	5,9	4,5	2,1	1,7	2,2	4,2
5	3,2	4,5	5,3	3,9	3,2	4,5	5,3	3,9	2,2	3,1	4,5	3,6	4,6	3,4	3,9	5,9
6	1,4	4,5	2,1	6,7	1,4	4,5	2,1	6,7	3,1	2,8	6,3	2,1	4,5	3,9	5,0	3,1
7	3,1	2,5	2,5	4,5	3,1	2,5	2,5	4,5	4,5	1,4	5,0	2,5	3,9	2,2	5,9	1,7
8	4,9	3,5	4,9	4,2	4,9	3,5	4,9	4,2	6,2	4,5	3,5	5,6	6,7	6,2	5,3	2,8
9	1,4	4,9	6,7	6,4	1,4	4,9	6,7	6,4	3,1	6,3	4,9	5,0	6,7	5,0	5,0	1,7
10	1,4	5,6	1,4	7,0	1,4	5,6	1,4	7,0	5,6	4,2	4,2	5,6	4,2	2,8	5,6	2,8
11	6,3	5,0	3,6	5,3	6,3	5,0	3,6	5,3	5,6	4,2	5,0	3,9	4,8	3,6	4,2	3,1
12	3,9	4,8	7,0	5,6	3,9	4,8	7,0	5,6	3,6	4,8	3,9	4,5	3,9	5,3	3,5	3,1
13	2,1	4,5	4,5	6,4	2,1	4,5	4,5	6,4	5,6	7,0	4,2	4,2	7,0	2,8	1,4	2,8
14	2,8	5,6	2,8	7,0	2,8	5,6	2,8	7,0	2,8	2,5	5,3	2,5	3,5	2,1	5,9	1,7
15	3,6	5,3	5,3	7,0	3,6	5,3	5,3	7,0	2,0	1,7	3,5	4,9	5,3	3,6	5,6	3,1
16	4,2	4,2	1,4	2,8	4,2	4,2	1,4	2,8	4,2	2,8	7,0	2,8	1,4	1,4	7,0	7,0
17	5,6	4,9	4,2	5,6	5,6	4,9	4,2	5,6	4,2	4,2	2,8	4,2	2,8	2,8	2,8	4,2
18	4,5	4,5	5,9	6,7	4,5	4,5	5,9	6,7	3,5	4,9	5,3	5,0	6,3	6,7	4,9	4,9
19	1,4	5,6	5,6	7,0	1,4	5,6	5,6	7,0	2,8	4,2	1,4	4,2	5,6	1,4	1,4	4,2
20	2,8	5,6	4,2	7,0	2,8	5,6	4,2	7,0	4,2	2,1	6,3	5,6	5,0	1,4	5,6	4,2

Anexo-VIII, Resultados de la prueba de Kruskal Wallis en el análisis sensorial en las galletas con harina de maracuyá,

Prueba de Kruskal Wallis para el atributo sabor en los 4 tratamientos

Tratamientos	Tamaño de muestra	Rango promedio
T-0M	20	29,15
T-8M	20	34,45
T-10M	20	46,88
T-12M	20	51,53

Estadístico = 12,13 Valor-P = 0,0067

Prueba de Kruskal Wallis para el atributo dulzor en los 4 tratamientos

Tratamientos	Tamaño de muestra	Rango promedio
T-0M	20	46,98
T-8M	20	40,45
T-10M	20	43,58
T-12M	20	31,00

Estadístico = 5,25 Valor-P = 0,1534

Prueba de Kruskal Wallis para el atributo textura en los 4 tratamientos

Tratamientos	Tamaño de muestra	Rango promedio
T-0M	20	35,38
T-8M	20	44,08
T-10M	20	41,88
T-12M	20	40,68

Estadístico = 1,52 Valor-P = 0,6769

Prueba de Kruskal Wallis para el atributo aceptabilidad en los 4 tratamientos

Tratamientos	Tamaño de muestra	Rango promedio
T-0M	20	58,33
T-8M	20	39,25
T-10M	20	34,28
T-12M	20	30,15

Estadístico = 17,23 Valor-P = 0,0006