

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de cáscara de plátano verde (*musa paradisiaca*) y cáscara de naranja valencia (*citrus sinensis*) en la elaboración de galletas dulces

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autores:

Bach. Samamé Herrera, Víctor Manuel

Bach. Valverde Cerna, Darlyn Mirella

Asesora:

Dra. Luz María Paucar Menacho

DNI N° 08099817

Código ORCID: 0000-0001-5349-6167

Nuevo Chimbote – Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo, **Dra. Luz María Paucar Menacho**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la tesis titulada “SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) POR HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE (*MUSA PARADISIACA*) Y CÁSCARA DE NARANJA VALENCIA (*CITRUS SINENSIS*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES”, ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objeto propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, de acuerdo a la denominación siguiente:

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autores:

Bach. Samamé Herrera, Victor Manuel

Bach. Valverde Cerna, Darlyn Mirella

Dra. Luz María Paucar Menacho

DNI: 08099817

Cód. ORCID: 0000-0001-5349-6167

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

HOJA AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado “SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) POR HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE (*MUSA PARADISIACA*) Y CÁSCARA DE NARANJA VALENCIA (*CITRUS SINENSIS*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres: **Samamé Herrera Victor Manuel** y **Valverde Cerna Darlyn Mirella**, que tiene como asesora a la **Dra. Luz María Paucar Menacho** designada mediante resolución decanal N° 243-2024-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 19 de mayo del 2026, por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N° 041-2026-UNS-CFI.

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador

Ms. Sergio Rafael Albitres Abanto

DNI: 33264189

Cód. ORCID: 0000-0001-6435-6610

Presidente

Dra. Luz María Paucar Menacho

DNI: 08099817

Cód. ORCID: 0000-0001-5349-6167

Secretario

Ms. José Joaquín Álvarez Carrillo

DNI: 33261142

Cód. ORCID: 0009-0008-9888-6095

Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las diez horas del día diecinueve de mayo del año dos mil veintiséis, se instalaron en el Pabellon Agroindustria, Aula Multimedia de la EPIA – 1er piso; el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 041-2026-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta** **Presidente**
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** **Secretario**
- **Ms. Sergio Rafael Albitres Abanto**..... **Integrante**
- **Ms. José Joaquín Álvarez Carrillo** **Accesitario**

para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: “SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) POR HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE (*MUSA PARADISIACA*) Y CÁSCARA DE NARANJA VALENCIA (*CITRUS SINENSIS*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES”, elaborado por las Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

**SAMAME HERRERA VICTOR MANUEL
VALVERDE CERNA DARLYN MIRELLA**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dra. Luz María Paucar Menacho**

Finalizada la sustentación, las Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. Acto seguido el Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 107° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
SAMAME HERRERA VICTOR MANUEL	19	EXCELENTE

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 19 de mayo del 2026



Ms. Sergio Rafael Albitres Abanto
Presidente



Dr. Luz María Paucar Menacho
Secretario



Ms. José Joaquín Álvarez Carrillo
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las diez horas del día diecinueve de mayo del año dos mil veintiséis, se instalaron en el Pabellon Agroindustria, Aula Multimedia de la EPIA – 1er piso; el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 041-2026-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta** **Presidente**
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** **Secretario**
- **Ms. Sergio Rafael Albitres Abanto**..... **Integrante,**
- **Ms. José Joaquín Álvarez Carrillo** **Accesitario**

para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: “SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) POR HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE (*MUSA PARADISIACA*) Y CÁSCARA DE NARANJA VALENCIA (*CITRUS SINENSIS*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES”, elaborado por las Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

**SAMAME HERRERA VICTOR MANUEL
VALVERDE CERNA DARLYN MIRELLA**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dra. Luz María Paucar Menacho**

Finalizada la sustentación, las Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. Acto seguido el Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 107° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
VALVERDE CERNA DARLYN MIRELLA	19	EXCELENTE

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

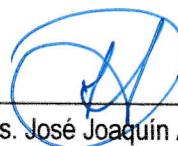
Nuevo Chimbote, 19 de mayo del 2026



Ms. Sergio Rafael Albitres Abanto
Presidente



Dr. Luz María Paucar Menacho
Secretario



Ms. José Joaquín Álvarez Carrillo
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: user user
Título del ejercicio: Sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por h...
Título de la entrega: INFORME DE TESIS FINAL - SAMAMÉ-VALVERDE.pdf
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS_FINAL_-_SAMAMÉ-VALVERDE.pdf
Tamaño del archivo: 10.09M
Total páginas: 150
Total de palabras: 33,049
Total de caracteres: 184,374
Fecha de entrega: 02-jun-2026 02:48p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2975162911

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



Sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de cáscara de plátano verde (*musa paradisiaca*) y cáscara de naranja valencia (*citrus sinensis*) en la elaboración de galletas dulces

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autores:

Bach. Samamé Herrera, Victor Manuel
Bach. Valverde Cerna, Darlyn Mirella

Asesora:

Dra. Luz María Paucar Menacho
DNI N° 08099817
Código ORCID: 0000-0001-5349-6167

Nuevo Chimbote – Perú
2026

INFORME DE TESIS FINAL - SAMAMÉ-VALVERDE.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	24%	8%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	10%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unaj.edu.pe	

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la fuerza, sabiduría, valor y constancia necesarias para terminar esta etapa de mi formación profesional, guiando cada uno de mis pasos a lo largo de este proceso.

A mis padres, Juan y Angélica, por su amor incondicional, constante apoyo y sacrificio permanente, que han sido el pilar fundamental para alcanzar mis metas y superar cada desafío presentado en el camino.

A mis hermanos, Flor y Ángel, por su comprensión, aliento y compañía, quienes con su apoyo y confianza contribuyeron de manera significativa a la culminación de este trabajo.

A mi asesora y a los docentes, por sus conocimientos, orientación académica y disposición durante el desarrollo de esta tesis, así como a mis amigos, por su apoyo, motivación y compañerismo a lo largo de esta etapa universitaria.

VICTOR MANUEL SAMAMÉ HERRERA

Dedico este trabajo con todo mi corazón a mi querida mamá, Isabel Cerna, por su amor incondicional, su paciencia infinita y su apoyo constante en cada paso de mi vida. Gracias por enseñarme con su ejemplo la fuerza, la perseverancia y el valor de nunca rendirme.

A mis hermanos, Naomie y Miguel, quienes han sido mis compañeros de vida, mis confidentes y mis mayores motivadores. Gracias por sus palabras de aliento, sus risas compartidas y por recordarme siempre todo lo que puedo alcanzar y por creer en mí. Cada logro de esta tesis también es de ustedes, porque su presencia ha hecho que los retos fueran más llevaderos y los sueños más alcanzables.

Y a mi dulce gatita Bebita, que con su compañía silenciosa y tierna me acompañó durante largas horas de estudio, brindándome alegría, calma y cariño incondicional.

A todos ustedes, mi amor, mi gratitud y esta dedicación, que representa no solo el fin de un camino académico, sino el reflejo de todo el apoyo, la paciencia y el cariño que he recibido a lo largo de esta etapa de mi vida.

DARLYN MIRELLA VALVERDE CERNA

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarnos salud, fortaleza y sabiduría a lo largo de nuestra formación académica y durante el desarrollo de la presente investigación, permitiéndonos superar cada dificultad y alcanzar nuestros objetivos.

A nuestra asesora, Dra. Luz Paucar Menacho, por su valiosa orientación, apoyo constante y aportes académicos, que fueron determinantes para llevar a cabo de manera adecuada este trabajo de investigación.

A los ingenieros de Agroindustria, Ing. Pedro y Lenin; a los ingenieros del IITA, Ing. Melisa, Darwin, Janeth y Juanita, por su disposición, apoyo técnico y asesoramiento durante la realización de nuestra investigación, así como por brindar sus conocimientos y experiencia, contribuyendo significativamente a la obtención de resultados confiables.

A nuestras familias, por su comprensión, apoyo incondicional y motivación constante a lo largo de este proceso académico, siendo un pilar fundamental para ambos tesis.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Nacional del Santa por el apoyo académico y la subvención económica brindada para el desarrollo de esta investigación, así como al personal que facilitó los equipos, materiales y espacios necesarios para su ejecución. Asimismo, expresamos nuestro compromiso de ejercer nuestra profesión con responsabilidad, ética y vocación de servicio, aplicando de manera adecuada los conocimientos adquiridos y contribuyendo al desarrollo de la sociedad, honrando la confianza depositada en nosotros a lo largo de nuestra formación académica.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1.	Trigo (<i>triticum aestivum</i>)	6
2.1.1.	Generalidades.....	6
2.1.2.	Composición nutricional.....	6
2.1.3.	Harina de trigo	6
2.2.	Plátano verde (<i>musa paradisiaca</i>)	7
2.2.1.	Generalidades.....	7
2.2.2.	Composición nutricional.....	7
2.2.3.	Producción de plátano en el Perú.....	8
2.2.4.	Cascara de plátano	8
2.2.5.	Harina de cáscara de plátano.....	9
2.3.	Naranja valencia (<i>citrus sinensis</i>)	9
2.3.1.	Generalidades.....	9
2.3.2.	Composición nutricional.....	10
2.3.3.	Producción de naranja en el Perú.....	10
2.3.4.	Cáscara de naranja	11
2.3.5.	Harina de cáscara de naranja.....	12
2.4.	Galletas	12
2.4.1.	Composición	13
2.4.2.	Características sensoriales	13
2.5.	Polvo de hornear	14
2.6.	Bicarbonato de amonio	14
2.7.	Uso de residuos agroindustriales	14
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1.	Lugar de ejecución.....	16

3.2.	Materiales, reactivos y equipos.....	16
3.2.1.	Insumos.....	16
3.2.2.	Materiales.....	16
3.2.3.	Reactivos.....	17
3.2.4.	Equipos	18
3.3.	Metodología	19
3.3.1.	Diagrama de operaciones del proceso.....	19
3.3.2.	Descripción del proceso	20
3.4.	Diseño experimental	23
3.4.1.	Variables independientes	23
3.4.2.	Variables dependientes	23
3.4.3.	Análisis estadístico.....	23
3.4.4.	Diseño estadístico	23
3.4.5.	Formulación de las galletas.....	25
3.4.6.	Determinación de la composición de la formulación óptima	25
3.4.7.	Elección de la formulación optima	26
3.4.8.	Composición proximal de la formulación óptima	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	27
4.1.	Caracterización de la materia prima.	27
4.1.1.	Composición proximal.....	27
4.1.2.	Colorimetría	29
4.1.3.	Polifenoles totales	30
4.1.4.	Capacidad antioxidante	32
4.2.	Evaluación de la calidad de las galletas	33
4.2.1.	Colorimetría	33
4.2.1.1.	Luminosidad	35
4.2.1.2.	Cromaticidad.....	41

4.2.1.3.	Ángulo de tonalidad.....	47
4.2.2.	Textura	51
4.2.3.	Fibra	55
4.2.4.	Polifenoles totales	61
4.2.5.	Capacidad antioxidante	67
4.2.6.	Análisis sensorial	73
4.2.6.1.	Evaluación del color	73
4.2.6.2.	Evaluación del olor	77
4.2.6.3.	Evaluación del sabor	80
4.2.6.4.	Evaluación de la textura.....	85
4.2.6.5.	Intención de compra.....	89
4.3.	Optimización de la formulación optima.	93
4.4.	Caracterización de la formulación optima.	94
4.4.1.	Composición proximal.....	94
V.	CONCLUSIONES	96
VI.	RECOMENDACIONES.....	97
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
VIII.	ANEXO.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Composición nutricional de la harina de trigo (g/100 g)	7
Tabla 2 Composición nutricional del plátano (g/100 g)	7
Tabla 3 Producción de Plátano - Perú (2015-2022).....	8
Tabla 4 Composición nutricional del cascara de plátano (g/100 g).....	9
Tabla 5 Composición nutricional de la naranja (g/100 g).....	10
Tabla 6 Producción de Naranjas - Perú (2015-2022).....	11
Tabla 7 Composición nutricional del cascara de naranja (g/100 g).....	11
Tabla 8 Composición fisicoquímica de harina de subproductos de naranja (g/100 g)	12
Tabla 9 Requisitos para galletas según NTP ITINTEC 206.001	13
Tabla 10 Características sensoriales de las galletas	14
Tabla 11 Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) ²	23
Tabla 12 Valores codificados y valores reales del diseño experimental (DCCR) ²	24
Tabla 13 Composición de materias primas de para cada formulación	24
Tabla 14 Formulación para la elaboración de galletas.....	25
Tabla 15 Composición proximal de la harina de cáscara de plátano (100g en base seca).....	27
Tabla 16 Composición proximal de la harina de cáscara de naranja (100g en base seca).....	28
Tabla 17 Análisis de colorimetría de la harina de cascara de plátano	29
Tabla 18 Análisis de colorimetría de la harina de cascara de naranja	30
Tabla 19 Análisis de polifenoles totales	30
Tabla 20 Análisis de capacidad antioxidante	32
Tabla 21 Caracterización colorimétrica	34

Tabla 22	Resultados de la luminosidad de las formulaciones de galleta	35
Tabla 23	Análisis de varianza de la luminosidad.....	37
Tabla 24	Análisis de regresión de la luminosidad	38
Tabla 25	Resultados de la cromaticidad de las formulaciones de galleta.....	41
Tabla 26	Análisis de varianza de la cromaticidad.....	43
Tabla 27	Análisis de regresión de la cromaticidad	44
Tabla 28	Resultados del ángulo de tonalidad de las formulaciones de galleta.....	47
Tabla 29	Análisis de varianza del ángulo de tonalidad.....	49
Tabla 30	Resultados de la dureza de las formulaciones de galleta	51
Tabla 31	Análisis de varianza de la dureza.....	53
Tabla 32	Resultados de fibra de las formulaciones de galleta	55
Tabla 33	Análisis de varianza de la fibra.....	57
Tabla 34	Análisis de regresión de la fibra.....	59
Tabla 35	Resultados de polifenoles totales de las formulaciones de galleta	61
Tabla 36	Análisis de varianza de los de polifenoles totales.....	63
Tabla 37	Análisis de regresión de los polifenoles totales	64
Tabla 38	Resultados de la capacidad antioxidante de las formulaciones de galleta.....	67
Tabla 39	Análisis de varianza de la capacidad antioxidante.....	69
Tabla 40	Análisis de regresión de la capacidad antioxidante	71
Tabla 41	Resultados de la evaluación sensorial del color.....	73
Tabla 42	Análisis de varianza del color sensorial.....	75

Tabla 43 Contrastes múltiples entre formulaciones para el color sensorial.....	75
Tabla 44 Resultados de la evaluación sensorial del olor	77
Tabla 45 Análisis de varianza del olor sensorial.....	79
Tabla 46 Contrastes múltiples entre formulaciones para el olor sensorial	79
Tabla 47 Resultados de la evaluación sensorial del sabor	81
Tabla 48 Análisis de varianza del sabor sensorial	82
Tabla 49 Contrastes múltiples entre formulaciones para el sabor sensorial	83
Tabla 50 Resultados de la evaluación sensorial de la textura	85
Tabla 51 Análisis de varianza de la textura sensorial	87
Tabla 52 Contrastes múltiples entre formulaciones para la textura sensorial.....	87
Tabla 53 Resultados de la evaluación sensorial de la intención de compra	89
Tabla 54 Análisis de varianza de la intención de compra.....	90
Tabla 55 Contrastes múltiples entre formulaciones para la intención de compra	91
Tabla 56 Criterios de deseabilidad para optimización de respuesta múltiple	93
Tabla 57 Valores de la formulación óptima.....	93
Tabla 58 Composición proximal de las galletas optima y control.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Valores de la luminosidad por formulación	36
Figura 2 Diagrama de Pareto de la luminosidad (L^*).....	37
Figura 3 Gráfica de Efectos Principales de la luminosidad	38
Figura 4 Gráfica de Superficie de Respuesta de la luminosidad	39
Figura 5 Gráfica de Contornos de la luminosidad	39
Figura 6 Valores de la cromaticidad por formulación	42
Figura 7 Diagrama de Pareto de la cromaticidad (C^*)	43
Figura 8 Gráfica de Efectos Principales de la cromaticidad	44
Figura 9 Gráfica de Superficie de Respuesta de la cromaticidad	45
Figura 10 Gráfica de Contornos de la cromaticidad	45
Figura 11 Valores del ángulo de tonalidad por formulación	48
Figura 12 Diagrama de Pareto del ángulo de tonalidad (h^*)	49
Figura 13 Gráfica de Efectos Principales del ángulo de tonalidad	50
Figura 14 Valores de la dureza por formulación	52
Figura 15 Diagrama de Pareto de la dureza	54
Figura 16 Gráfica de Efectos Principales de la dureza	54
Figura 17 Valores de la fibra por formulación	56
Figura 18 Diagrama de Pareto de la fibra	58
Figura 19 Gráfica de Efectos Principales de la fibra	58
Figura 20 Gráfica de Superficie de Respuesta de la fibra.....	59

Figura 21 Gráfica de Contornos de la fibra	60
Figura 22 Valores de los polifenoles totales por formulación	62
Figura 23 Diagrama de Pareto de los polifenoles totales.....	63
Figura 24 Gráfica de Efectos Principales de los polifenoles totales.....	64
Figura 25 Gráfica de Superficie de Respuesta de los polifenoles totales	65
Figura 26 Gráfica de Contornos de los polifenoles totales.....	65
Figura 27 Valores de la capacidad antioxidante por formulación	68
Figura 28 Diagrama de Pareto de la capacidad antioxidante.....	70
Figura 29 Gráfica de Efectos Principales de la capacidad antioxidante	70
Figura 30 Gráfica de Superficie de Respuesta de la capacidad antioxidante	71
Figura 31 Gráfica de Contornos de la capacidad antioxidante	72
Figura 32 Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% del Color Sensorial	76
Figura 33 Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% del Olor Sensorial.....	80
Figura 34 Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% del Sabor Sensorial.....	84
Figura 35 Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% de la Textura Sensorial.....	88
Figura 36 Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% de la Intención de Compra	92
Figura 37 Gráfico radial de las formulaciones.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1 Rendimiento de la cascara de naranja	113
Anexo 2 Rendimiento de la cascara de plátano	113
Anexo 3 Pesado de la cascara de naranja	114
Anexo 4 Lavado y desinfección de cascara de naranja	114
Anexo 5 Secado de la cascara de naranja	114
Anexo 6 Molienda de cascara de naranja	114
Anexo 7 Pesado de la cascara de plátano	115
Anexo 8 Cortado de la cascara de plátano	115
Anexo 9 Lavado y desinfectado de cascara de plátano	115
Anexo 10 Secado de la cascara de plátano	115
Anexo 11 Pesado de insumos secos y húmedos	116
Anexo 12 Cremado y mezcla de insumos.....	116
Anexo 13 Formación de la masa	116
Anexo 14 Laminado	116
Anexo 15 Acondicionamiento	116
Anexo 16 Horneado de las galletas	116
Anexo 17 Formulación de galletas	117
Anexo 18 Preparación de parámetros	118
Anexo 19 Medición de galletas	118
Anexo 20 Colocación de muestras	118

Anexo 21 Lectura de resultados	118
Anexo 22 Colocación de la muestra	118
Anexo 23 Lectura de resultados	118
Anexo 24 Pesado de placas Petri vacías	119
Anexo 25 Pesado de muestras	119
Anexo 26 Muestra a estufa	119
Anexo 27 Obtención de muestras secas.....	119
Anexo 28 Pesado de muestras en papel filtro	120
Anexo 29 Pesado de matraz de fondo redondo	120
Anexo 30 Colocación de la muestra en el Soxleth	120
Anexo 31 Pesado de grasa extraída en matraz.....	120
Anexo 32 Pesado de crisoles vacíos	121
Anexo 33 Pesado de muestras	121
Anexo 34 Muestras en la mufla	121
Anexo 35 Pesado de muestras de ceniza	121
Anexo 36 Pesado de muestras	122
Anexo 37 Acondicionamiento	122
Anexo 38 Colocación de muestras en el equipo DUMAS	122
Anexo 39 Lectura de resultados	122
Anexo 40 Pesado de crisoles	123
Anexo 41 Pesado de muestras	123

Anexo 42 Pesado de buffer fosfato.....	123
Anexo 43 Muestra + buffer fosfato	123
Anexo 44 Enzimas.....	123
Anexo 45 Baño maría 80°c + enzima alfa amilasa.....	124
Anexo 46 Ajuste de pH 7.5 con NAOH	124
Anexo 47 Baño maría 60°C + enzima proteasa.....	124
Anexo 48 Ajuste de pH 4-4.6 con HCl.....	124
Anexo 49 Baño maría 60°C + enzima amiloglucosidasa	124
Anexo 50 Adición de alcohol 96°	124
Anexo 51 Montado de muestras y crisoles en el equipo	125
Anexo 52 Retiro de los residuos.....	125
Anexo 53 Secado de residuos	125
Anexo 54 Pesado del residuo.....	125
Anexo 55 Muestra seca a mufla.....	126
Anexo 56 Pesado de cenizas.....	126
Anexo 57 Pesado de muestras	126
Anexo 58 Metanol y acetona	126
Anexo 59 Adición de metanol	126
Anexo 60 Baño ultrasonido de muestras con metanol.....	126
Anexo 61 Centrifugación de muestras con metanol.....	127
Anexo 62 Adición de acetona.....	127

Anexo 63 Baño ultrasonido de muestras con acetona	127
Anexo 64 Centrifugación de muestras con acetona.....	127
Anexo 65 Separación de muestras extraídas	127
Anexo 66 Acido gálico, carbonato de sodio y Folin-Ciocalteu.....	128
Anexo 67 Separación de muestras extraídas	128
Anexo 68 Curva de calibración	128
Anexo 69 Muestras en microplaca	128
Anexo 70 Lector multimodal.....	129
Anexo 71 Curva de calibración de los polifenoles	129
Anexo 72 Reactivos Trolox y DPPH.....	130
Anexo 73 Separación de muestras extraídas	130
Anexo 74 Curva de calibración	130
Anexo 75 Muestras en microplaca	130
Anexo 76 Lector multimodal.....	131
Anexo 77 Curva de calibración de la capacidad antioxidante.....	131
Anexo 78 Ficha de análisis sensorial.....	132
Anexo 79 Degustación de panelistas	133

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar y evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de plátano verde y cáscara de naranja valencia en la elaboración de galletas dulces. Se realizó la caracterización proximal de las materias primas, determinándose que las harinas de cáscara de plátano y cáscara de naranja presentan un elevado contenido de fibra (31.08% y 47.92%), polifenoles totales (108.97 mg GAE/100g y 67.75 mg GAE/100g) y capacidad antioxidante (344.27 uMol Trolox/100g y 439.77±25.33 uMol Trolox/100g). Las formulaciones de galletas se establecieron mediante un diseño compuesto central rotatable (DCCR²), donde los resultados permitieron obtener galletas dulces con un contenido de fibra entre 7.34–10.38%, aproximándose al rango esperado (9–15%). Asimismo, la capacidad antioxidante presentó valores de 242.22–795.47 uMol Trolox/100g, superando el rango esperado de 150–250 uMol Trolox/100g. Sin embargo, el contenido de polifenoles totales no alcanzó el intervalo previsto de 50–100 mgGAE/100 g, obteniéndose valores entre 22.62–35.29 mgGAE/100 g. Asimismo, se observaron incrementos significativos de fibra (90–168%), polifenoles totales (48–131%) y capacidad antioxidante (20–293%) respecto a la galleta control. La formulación óptima (F8), elaborada con 12% de harina de cáscara de naranja y 8% de harina de cáscara de plátano, presentó un perfil nutricional mejorado en comparación a la galleta control (F0) obteniéndose un contenido energético de 441.36 kcal, humedad de 1.98%, cenizas de 1.50%, proteína de 4.08%, grasas de 19.36%, fibra de 10.38% y carbohidratos de 62.70%, confirmando el potencial de estos subproductos agroindustriales para el desarrollo de galletas con valor nutricional agregado.

Palabras clave: harina de cascara de naranja, harina de cascara de plátano, galletas, fibra, polifenoles, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop and evaluate the effect of partially replacing wheat flour with green banana peel flour and Valencia orange peel flour in the production of sweet cookies. The proximal characterization of the primary materials is carried out, determining that the filaments of plastic casing and orange casings present a high fiber content (31.08% and 47.92%), total polyphenols (108.97 mg GAE/100g and 67.75 mg GAE/100g) and antioxidant capacity (344.27 μ Mol Trolox/100g and 439.77 ± 25.33 μ Mol Trolox/100g). The galletas formulations are established with a Rotatable Central Composite Design (DCCR²), where the results allow you to obtain sweet galletas with a fiber content between 7.34–10.38%, approximately at the expected range (9–15%). As a result, the antioxidant capacity presents values of 242.22–795.47 μ Mol Trolox/100g, exceeding the expected range of 150–250 μ Mol Trolox/100g. Without embargo, the total polyphenol content does not reach the predicted interval of 50–100 mgGAE/100 g, obtaining values between 22.62–35.29 mgGAE/100 g. As a result, we observed significant increments of fiber (90–168%), total polyphenols (48–131%) and antioxidant capacity (20–293%) respecting the galleta control. The optimal formulation (F8), developed with 12% of orange cascara harina and 8% of platan cascara harina, presents an improved nutritional profile in comparison to the galleta control (F0) obtaining an energy content of 441.36 kcal, humidity of 1.98%, fiber of 1.50%, protein of 4.08%, fat of 19.36%, fiber of 10.38% and carbohydrates of 62.70%, confirming the potential of these agroindustrial subproducts for the release of galletas with aggregated nutritional value.

Keywords: orange peel flour, banana peel flour, cookies, fiber, polyphenols, antioxidant capacity.

I. INTRODUCCIÓN

La preocupación de reducir el impacto ambiental conlleva a que empresas desarrollen procedimientos en beneficio al ambiente en la creación de bienes y servicios. Por eso, es que al mismo tiempo deben concientizar a la población sobre el uso de menos contaminantes que no dañen al medio ambiente (Castillo & Ochoa, 2018). La valorización de residuos agroindustriales ha cobrado interés en los últimos años (Alata et al, 2019), debido a que se aprovechan sus componentes para la elaboración de biopolímeros naturales o como fuente para la elaboración de nuevos productos agroindustriales, pues estos pueden usarse para abordar las preocupaciones ambientales y las demandas de los consumidores. (Jridi et al, 2019).

El Perú es un productor de cítricos y derivados, pero sus residuos tienen un bajo uso o se les da un valor agregado, ya que se suelen usar como aditivos alimenticios o compost, sin embargo, la gran mayoría no se aprovecha (Aguilar & Flores, 2018). La cascara de naranja es un alimento rico en nutrientes, y se puede utilizar para elaborar empaques biodegradables, además se debe innovar y desarrollar nuevos productos que satisfagan las demandas. (Sierra, 2021). La cascara de plátano es una gran fuente para generar una harina integral con un alto contenido de fibra. (Huamán, 2020). Dichos residuos generalmente son desechados o utilizados como fertilizante para plantas, aunque también se pueden aprovechar como suplementos alimenticios en la incorporación de alimentos tradicionales y a su vez maximizar los recursos disponibles para que permanezcan en un ciclo productivo dentro de la industria y mantener una economía circular durante el mayor tiempo posible.

Dentro del sector alimentario, la búsqueda de alternativas sostenibles para la producción de alimentos ha adquirido una importancia creciente (Chemat et al., 2020). En este contexto, este estudio se centra en la utilización de residuos agroindustriales; como la cáscara de naranja y la cáscara de plátano, recuperadas de fuente locales como mercados o productores de alimentos derivados (jugos, chifles, etc.); en la elaboración de productos alimenticios representa una oportunidad tanto para reducir el desperdicio de recursos como para reducir el impacto ambiental de la industria. En particular, la sustitución parcial de harina de trigo por estos subproductos ofrece la posibilidad de desarrollar galletas con características nutricionales, que a la vez reduzca el impacto ambiental generados por estos subproductos.

Desde una perspectiva económica, este proyecto presenta oportunidades significativas para los intermediarios comerciales; como los vendedores de jugos o chifles ya que no requieren de los desechos de cascaras para la elaboración de sus productos, de esta manera generarían ingresos adicionales, además de incrementar la competitividad y productividad de la industria mediante la economía circular. Por otro lado, la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de naranja y cáscara de plátano puede agregar valor a los productos de las empresas alimentarias.

La implementación de este proyecto implica la aplicación de tecnologías avanzadas en la transformación de subproductos agroindustriales en ingredientes alimentarios funcionales. Esto incluye procesos de extracción, secado, molienda y formulación para obtener harinas de alta calidad a partir de la cáscara de naranja y la cáscara de plátano. Asimismo, se requerirá investigación y desarrollo en la extracción y cuantificación de compuestos bioactivos para optimizar las propiedades de las galletas.

Desde una perspectiva ambiental, este proyecto tiene el potencial de generar importantes beneficios en términos de reducción de la generación de residuos sólidos, disminución del consumo de recursos naturales y mitigación del impacto ambiental asociado a la producción y eliminación de desechos. Al promover la valorización de subproductos agroindustriales como la cáscara de naranja y la cáscara de plátano en la elaboración de galletas, se fomenta una gestión más responsable de los residuos, transformándolos en recursos útiles y reduciendo así su impacto negativo en la salud de las personas y en el entorno en general.

Capurro y Huerta (2016), en su tesis titulada “Elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays*)”, determinaron el impacto de la sustitución de las harinas de kiwicha, quinua y maíz en la formulación de galletas fortificadas, donde la formulación que obtuvo mejores resultados contenía; harina de kiwicha 6%, harina de quinua 16% y harina de maíz 24%. Esta combinación mostró un perfil nutricional positivo, logrando un contenido de lisina alto y superando el contenido en otros aminoácidos esenciales. Los evaluadores sensoriales calificaron la formulación 7 con puntajes de 6.4 para aroma, 6.3 para textura, 6.7 para color y 6.5 para sabor y 6.8 para apariencia general, en el análisis sensorial de 9 puntos. Estos resultados sugieren que el uso

de estas harinas no afecta negativamente las características sensoriales del producto terminado.

Díaz y Espinoza (2022), en su tesis titulada “Elaboración de cookies con chips de cushuro (*Nostoc Sphaericum*) fortificada con harinas de soya y cáscara de piña”, plantearon identificar la formulación óptima de harina de soya y cáscara de piña para obtener galletas con chips de cushuro enriquecidas con características funcionales, tecnológicas y organolépticamente aceptables. Realizaron un diseño DCCR, con rangos de 8 y 20% para harina de soya y 2 y 10% para harina de cáscara de piña. Los resultados indicaron que las propiedades funcionales de las cookies fueron significativas. La formulación 6, con un 13% de harinas de soya, alcanzó el mayor porcentaje de proteína, por otra parte, la formulación 8, con 11%, destacó en contenido de fibra dietética. La optimización multirrespuesta reveló que la formulación óptima consistía en harina de soya (19%) y harina de cáscara de piña (5%). En el análisis sensorial, el tratamiento 6 obtuvo el puntaje más alto en todos los atributos.

Falla y Ramón (2019) en su tesis titulada “Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)”, desarrollaron 5 tratamientos combinando harina de cáscara de plátano y de trigo. La formulación más aceptada fue formulación 1, que contenía harina de cáscara de plátano verde en un 5% y harina de trigo en un 95%. Esta galleta fue evaluada sensorialmente por un panel jueces semientrenados, donde se evaluaron las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y aceptación general. La galleta resultante presentó un color marrón claro, aroma agradable, sabor dulce y una textura crujiente. En cuanto a su composición química, mostró una humedad del 6%, proteínas en un 11%, grasa en un 19%, fibra en un 4%, cenizas un 1.5% y carbohidratos en un 57%, aportando 448 Kcal/100g. Los análisis microbiológicos realizados después de almacenamiento indicaron que las galletas cumplían con los límites permitidos según las normas correspondientes.

León et al (2020), en su artículo científico titulado “Elaboración de una galleta a base de harinas de plátano pelipita (*Musa abb*) y de batata (*Ipomea batatas*)”, propuso evaluar el desempeño funcional de una galleta en la que se sustituyó la harina de trigo con un 70% de harina de plátano pelipita y un 30% de harina de batata, buscando tener un producto con buenas propiedades físicas y sensoriales, además de enriquecer su valor nutricional, especialmente en lo referente a almidones resistentes y fibra dietética.

Comparadas con una galleta estándar, las elaboradas con harina de plátano y batata mostraron incrementos significativos en varios componentes químicos, hubo un aumento del 1.5% en cenizas, 1.4% en proteínas, 1.2% en fibra dietética y hubo una disminución del 2% en azúcares totales. Asimismo, estas galletas cumplieron con los estándares industriales teniendo una humedad mayor al 3% una actividad de agua del 0.41, y color (Luminosidad: 49.3, Eje verde-rojo: 4.79, Eje azul-amarillo: 19.3). Además, se evidenció el aumento de minerales como fósforo, calcio y hierro, determinando que la proporción de 30% de harina de batata y 70% de harina de plátano fue adecuada para la elaboración de galletas con alta aceptación sensorial, además de ser un excelente alimento con gran aporte de fibra dietética.

Baños et al (2020), en su artículo de investigación titulado “Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para Uso Alimentario”, caracterizaron la harina derivada de los residuos de la extracción de jugo de naranja dulce con el objetivo de utilizarla como ingrediente en la alimentación. Las características de calidad de la harina revelaron que la esta tiene un nivel de humedad (8%) adecuado para su almacenamiento y una cantidad media de proteínas (5%) lo que la hace adecuada para la preparación de alimentos. El principal componente encontrado en mayor proporción fue el extracto libre de nitrógeno (79%) mientras que el que tuvo menos valor fue el extracto etéreo en un 0.6%. Esta harina se destaca como amplia fuente de fibra, con una concentración total de 40% de fibra dietética. A 23°C la capacidad de absorción de agua aumentó unos 5gH₂O/gharina cuando se expuso a temperaturas de 60-90 °C. Mientras que la capacidad de absorción de aceite a 23°C fue de aproximadamente 4gH₂O/gharina. En cuanto a los mesófilos, se registró un conteo de Log 4.6UFC/g, dentro de los límites permitidos según la norma para la harina de trigo.

Aguero et al (2022) en su investigación titulado “Incorporación de harinas no convencionales derivadas de frutas en un producto de panificación”, se centraron en la obtención de harina a partir de residuos agroindustriales como cáscaras, bagazos y pulpa de fruta, con el objetivo de utilizarlas como sustitutos parciales de la harina de trigo en productos de panificación. El proceso de secado se llevó a cabo a 90 °C utilizando 2 métodos: con y sin circulación de aire. Se evaluaron los resultados de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las harinas, y se evaluó la aceptación del pan de molde. Las curvas de secado indicaron que el método con circulación de aire resultó más eficiente. Los análisis fisicoquímicos mostraron que las harinas de piña, naranja y mango presentaron porcentajes de humedad de 8%, 7% y 10% respectivamente, así como 3%, 3% y 2% de

cenizas; 4%, 6% y 4% de proteínas; y 22%, 6% y 12% de fibra cruda, calculados en base seca. Los análisis microbiológicos revelaron un crecimiento notable de levaduras en la harina de piña. En cuanto a la evaluación sensorial, se observó que los consumidores mostraron una mayor preferencia por la formulación con un 5% de sustitución de la mezcla de harina de frutas.

El problema de investigación abordado en este estudio fue: ¿Cuál es la formulación óptima para una galleta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de naranja y cáscara de plátano, con alto contenido de fibra, mejor aceptabilidad, calidad y características fisicoquímicas?

Para lo cual se estableció como objetivo general: elaborar y evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de cascara de plátano verde (*musa paradisiaca*) y cáscara de naranja valencia (*citrus sinensis*) en la elaboración de galletas dulces. Además, los objetivos específicos establecidos son: determinar las características proximales de la materia prima, determinar las formulaciones de galletas mediante el diseño DCCR², determinar el contenido de fibra, actividad antioxidante y polifenoles totales de las formulaciones de las galletas y realizar la evaluación sensorial y finalmente determinar la composición de la formulación óptima.

Finalmente, la presente investigación se planteó como hipótesis: Sustituyendo parcialmente harina de trigo por 8% de harina de cascara de naranja y 8% de harina de cascara de plátano, se obtienen galletas dulces con un contenido de fibra entre 9-15%, además un contenido de polifenoles entre 50-100mgGAE/100g y una actividad antioxidante entre 150-250DPPH.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Trigo (*triticum aestivum*)

2.1.1. Generalidades

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal más consumido globalmente en diversas formas, siendo una fuente primordial de alimento (Nisar et al., 2020). Es uno de los cultivos más extendidos en el planeta. Cerca del 90% de la producción de trigo se destina al consumo humano en formas de pan, galletas, pasta, entre otros (Igrejas & Blanlard, 2020).

Los principales aspectos que considerar en la calidad del grano de trigo incluyen su valor nutricional debido a los componentes bioactivos, las fibras dietéticas, los minerales y las vitaminas, especialmente las vitaminas B (Shewry & Hey, 2015), así como sus características relacionadas con la calidad del pan, como el rendimiento de molienda, procesamiento y horneado (Hernández-Espinosa et al., 2018).

Actualmente, el trigo cultivado en todo el mundo se ha convertido en la fuente de alimento más crucial para proveer a los seres humanos de energía y nutrientes esenciales. China e India son los principales productores de trigo, principalmente debido a su menor requerimiento de agua en comparación con otros cultivos (Igrejas & Blanlard, 2020).

2.1.2. Composición nutricional

En cuanto a su composición nutricional, el trigo desempeña un papel vital como fuente de energía, representando desde aproximadamente el 20% (en el Reino Unido) hasta más del 50% (en Asia Central) de la ingesta total de calorías, además de proporcionar cantidades significativas de proteínas, fibra dietética, vitaminas B y micronutrientes minerales (Hazard et al., 2020). El almidón es el componente estructural principal de los productos derivados de esta harina, representando alrededor del 85% de la harina de trigo en su forma seca (Delatte et al., 2019).

2.1.3. Harina de trigo

La transformación del trigo maduro en harina de trigo se lleva a cabo mediante procesos como el desgranado y la molienda. La harina de trigo, según su fineza de molienda y contenido nutricional, puede clasificarse en distintas categorías (Liu et al., 2017). Es un ingrediente básico en una variedad de alimentos como pan, fideos y panes chinos al vapor, siendo ampliamente consumida debido a su riqueza nutricional (Delatte et al., 2019). En la industrialización del trigo, se emplean diversas técnicas de molienda para procesar los granos y obtener harina de trigo con una composición de partículas finas, útil en múltiples procesos (Guan et al., 2020).

Tabla 1*Composición nutricional de la harina de trigo (g/100 g)*

Composición	Nisar <i>et al.</i> , 2020	Omah <i>et al.</i> , 2015	Nilusha <i>et al.</i> , 2021
Humedad	8.64 ± 0.054	13.00	12.49 ± 0.39
Proteína	8.9 ± 1.24	10.50	8.26 ± 0.41
Grasas	2.29 ± 0.15	2.60	1.72 ± 0.16
Ceniza	1.6 ± 0.08	1.80	1.52 ± 0.14
Fibra	1.44 ± 0.076	2.50	*
Carbohidratos	*	78.60	75.99

Nota: *valor no encontrado

2.2.Plátano verde (*musa paradisiaca*)**2.2.1. Generalidades**

El plátano es una fruta ampliamente cultivada y consumida en regiones tropicales y subtropicales. Su producción a nivel mundial ha experimentado un aumento constante en las últimas dos décadas, teniendo un incremento de 27 millones de toneladas en 20 años hasta el 2019 (FAOSTAT, 2020). Los plátanos culinarios presentan una variabilidad en tamaño y color al madurar, desde tonos amarillos hasta morados y rojos. Aunque la mayoría de los plátanos consumidos no tienen semillas, las variedades silvestres pueden presentar frutos con múltiples semillas grandes y duras (Sau *et al.*, 2023). Se consumen crudos, cocidos, o secan y muelen para su uso en la elaboración de harina y horneado (Heuzé *et al.*, 2015).

2.2.2. Composición nutricional**Tabla 2***Composición nutricional del plátano (g/100 g)*

Composición	Elayabalan <i>et al.</i> , 2017	Kookal <i>et al.</i> , 2018
Humedad	74.91	66.23 ± 0.26
Proteína	1.09	3.75 ± 0.20
Grasas	0.33	1.77 ± 0.66
Ceniza	*	1.61 ± 0.02
Fibra	2.6	1.58 ± 0.03
Carbohidratos	22.84	*

2.2.3. Producción de plátano en el Perú

En Perú, durante 5 años hasta el 2015, la producción de plátanos aumentó en un 94%. El 5% de estos frutos producidos en Perú son exportados por más de 6 mil agricultores. Según el SIEA, la producción de plátano creció un 13% desde el año 2015 al 2022, teniendo una tendencia del 2% de promedio de aumento anual, incluido durante la pandemia; el menor valor de producción reportado en estos últimos años fue en 2017, debido a la inestabilidad del clima y el fenómeno del niño ocurrido en dicho año, dañando cultivos y reteniendo la producción agrícola, en la Tabla 3 se evidencia el volumen de producción de plátanos en toneladas.

Piura es una de las principales regiones del Perú donde se producen plátanos, las empresas de esta localidad (como; Delicias Peruanas o CAES Piura) producen chifles como producto principal, teniendo entre el 35 y 50% de residuos de cascara de plátano los cuales se utilizan para el compost de los campos de cultivo de estos mismos plátanos. Asimismo, regiones como Piura, Tumbes y Madre de Dios, son las principales fuentes de plátano para otras regiones, las cuales también sustentan sus ingresos mediante la venta de plátano y/o chifles en los mercados locales.

Tabla 3

Producción de Plátano - Perú (2015-2022)

Año	Producción (t)
2015	2,145,361
2016	2,073,995
2017	1,981,047
2018	2,194,876
2019	2,252,172
2020	2,326,085
2021	2,384,714
2022	2,425,444

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura - SIEA

2.2.4. Cascara de plátano

La cáscara de plátano, un subproducto importante de las plantaciones de banano, representa entre el 35% y el 50% de la masa total del fruto y se genera en grandes cantidades durante la cosecha y el procesamiento para obtener pulpa de banano (Gomes et al., 2020). Por lo general, estas cáscaras se descartan en el medio ambiente sin tratamiento alguno,

aunque se pueden emplear como compost o alimento para ciertos animales por su bajo contenido en compuestos fenólicos y su alto aporte de fibra (Pereira & Maraschin, 2014).

2.2.5. Harina de cáscara de plátano

Es un subproducto que surge del proceso de secado y molienda de las cáscaras de esta fruta, que comúnmente se desechan como residuos (Silva et al., 2020). Este producto, rico en fibra soluble, posee la capacidad de retener agua y expandirse al absorber líquidos. Además, presenta una baja capacidad de absorción de aceite, lo cual la hace idónea para conferir una sensación no grasa en productos fritos, convirtiéndola en un ingrediente prometedor para esta aplicación (Jacometti et al., 2015).

A nivel nutricional, la harina de cáscara de plátano demuestra tener un amplio espectro de aplicaciones en la industria alimentaria, incluyendo la panadería, la elaboración de productos dietéticos y la producción de alimentos para bebés.

En cuanto a su contenido nutricional, las cáscaras de plátano secas presentan un contenido de proteínas entre el 6% y el 9%, y de fibra entre el 20% y el 30%. Por otro lado, las cáscaras de plátano verde contienen un 40% de almidón que se convierte en azúcares durante el proceso de maduración (Emaga et al., 2011). Además, la cáscara exhibe un alto contenido de compuestos fenólicos y muestra actividades antioxidantes, antibacterianas y antibióticas significativas (Fidrianny & Insanu, 2014), como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4

Composición nutricional del cascara de plátano (g/100 g)

Composición	Hassan <i>et al.</i> , 2018	De Matos <i>et al.</i> , 2017
Humedad	62.33 ± 0.14	72.2
Proteína	1,95 ± 0,14	5.70
Grasas	5,93 ± 0,13	4.03
Ceniza	9.60 ± 0.02	3.98
Fibra	8,37 ± 0,18	1.89
Carbohidratos	11,82 ± 2,17	12.2

2.3.Naranja valencia (*citrus sinensis*)

2.3.1. Generalidades

La naranja es un cítrico que se compone de varios carpelos o gajos, de los cuales cada uno contiene una pulpa que varía en color entre anaranjado y rojo. Es una fruta jugosa

y carnosas, y presenta semillas cubiertas por una cáscara de color naranja, cuya parte interna es blanca y alberga glándulas que contienen aceites esenciales (Arroyo & León, 2014).

Este fruto destaca por su aporte de fibra soluble, especialmente pectinas, las cuales contribuyen a la disminución de los niveles de colesterol y glucosa en la sangre, además de favorecer el equilibrio y correcto funcionamiento de la microbiota intestinal. De manera aproximada, una naranja de tamaño mediano contiene 82mg de Vitamina C, superando los 60 mg recomendados como ingesta diaria de este nutriente (Muñoz, 2020).

La naranja se cultiva desde tiempos antiguos tanto como árbol ornamental como para la producción de fragancias a partir de sus frutos. Hay una amplia variedad de naranjas, la mayoría de las cuales son híbridas, originadas de las especies *Citrus máxima* (pamplemusa), *Citrus reticulata* (mandarina) y *Citrus médica* (cidro) (Muñoz, 2020).

2.3.2. Composición nutricional

Tabla 5

Composición nutricional de la naranja (g/100 g)

Elemento	Pulpa (%)	Cáscara (%)
Agua	89.4	78.0
Ácidos libres	0.6	0.1
Glucosa	4.4	7.3
Sacarosa	2.9	2.2
Lípidos	0.1	0.4
Proteína	0.7	1.2
Celulosa	0.2	1.8
Lignina	0.1	0.8
Cenizas	0.3	0.1

Fuente: Ocas (2020)

2.3.3. Producción de naranja en el Perú

Las principales regiones productoras de naranjas en Perú incluyen Junín, Lima, Puno, San Martín, Cusco, Leña, Huánuco y Cerro de Paseo. Desde 2010, la producción de naranjas ha mostrado un crecimiento constante, con un incremento interanual del 3%. Según el Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA), en 2020 la producción total de naranjas alcanzó más de 500 mil toneladas, siendo Junín el mayor productor con un 45% de la producción total, seguido por San Martín con un 14%, Puno con un 9% y Cusco con un 5%. En el país, la naranja se utiliza como materia prima para la elaboración de jugos

naturales en empresas como Ecofresh Foodpack en Lima y Gloria en Arequipa, donde entre el 23% y el 40% de los residuos provienen de la cáscara de plátano, que se venden como desecho para la producción de compost.

Tabla 6

Producción de Naranjas - Perú (2015-2022)

Año	Producción (t)
2015	456,154
2016	490,869
2017	498,454
2018	502,822
2019	509,768
2020	558,614
2021	574,543
2022	591,768

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura - SIEA

2.3.4. Cáscara de naranja

En la industria, el enfoque principal en el procesamiento de naranjas suele ser la extracción del jugo, lo que genera entre un 23% y un 40% de desechos del fruto, muchos de los cuales se destinan a la alimentación animal. La cáscara de naranja es un subproducto rico en pigmentos naturales, como los carotenoides, y es una fuente de provitamina A (Lozano, 2023). Las variaciones en los métodos de deshidratación, así como las diferentes fuentes y variedades de frutas, pueden influir en el contenido nutricional del producto final, además de afectar la extracción de aceites esenciales (Chumo & Rodríguez, 2018).

Tabla 7

Composición nutricional del cascara de naranja (g/100 g)

Composición	Andamay (2020)	Virreira & Góngora (2014)
Humedad	67.40 ± 0.78	64.44 ± 3.89
Proteínas	2.17 ± 0.26	7.01 ± 1.27
Grasa	0.92 ± 0.12	0.89 ± 0.25
Cenizas	3.29 ± 0.04	1.29 ± 0.18
Fibra cruda	10.50 ± 0.06	10.89 ± 0.50
Carbohidratos	14.47	15.49 ± 5.17

2.3.5. Harina de cáscara de naranja

La cáscara de naranja presenta un alto contenido de proteínas, carbohidratos, fibra y fósforo (Tenorio, 2016). Se ha demostrado que los polifenoles extraídos de la cáscara de naranja poseen propiedades beneficiosas, incluyendo efectos anticancerígenos, cardioprotectores, antidiabéticos y neuroprotectores (Ordoñez et al., 2018). Este residuo es también una fuente abundante de fibra dietética, superando el 0.91% de fibra en comparación con las cáscaras de manzana. La fibra soluble favorece la producción de ácidos grasos, mientras que la fibra insoluble actúa como un laxante. Para elaborar la harina, es necesario separar los residuos que no contienen jugo, eliminar el flavedo y las semillas, y luego cortar la cáscara en trozos pequeños. El proceso de secado se realiza a 55 °C en un horno durante 12 horas.

Tabla 8

Composición fisicoquímica de harina de subproductos de naranja (g/100 g)

Determinación	Baños <i>et al</i> , 2020	Haque <i>et al</i> , 2015	Martínez-Fernández <i>et al</i> , 2017
pH	4.29 ± 0.15	3.81 ± 0.46	*
Humedad	8.73 ± 0.11	8.10 ± 0.14	3.31
Cenizas	3.33 ± 0.74	2.55 ± 0.04	4.86
Proteína cruda	5.63 ± 0.14	7.40 ± 0.16	5.07
Extracto etéreo	0.59 ± 0.08	2.19 ± 0.08	1.64
Fibra cruda	11.27 ± 0.10	7.31 ± 0.10	*
Extracto libre de nitrógeno	79.18 ± 0.22	*	*

Nota: * valor no encontrado

2.4. Galletas

Las galletas son alimentos elaborados a partir de masas, tanto dulces como saladas, que se producen mediante un proceso de mezclado y posteriormente se someten a cocción o tratamiento térmico (Montes, 2014). El ingrediente principal es la harina de trigo o las harinas integrales y también en la preparación de estas galletas se usan legumbres, avena, azúcares, grasa o manteca vegetal, agentes leudantes, sal y aditivos alimentarios permitidos (Capurro & Huerta, 2016). Generalmente se requiere un contenido proteico del 5%, y una alternativa vegetal para sustituir la harina de trigo en la elaboración de este producto (Ratnawati et al., 2019).

Según la FAO (2016), las galletas se forman a partir de un proceso sencillo que incluye amasado, moldeado y la cocción de la masa compuesta por harina de trigo o una combinación de diversas harinas, además de agua, grasas, azúcares y, en algunas ocasiones, leche, huevos y polvo de hornear; las galletas son consideradas un alimento con un alto potencial energético debido a la escasa cantidad de agua en sus componentes. Su alto contenido de carbohidratos, tanto complejos como simples, proviene principalmente de la harina usada en su elaboración y del tipo de azúcares añadidos a la receta (FAO, 2017). Los ingredientes comunes empleados en la producción de galletas incluyen grasas, azúcares y harinas. Asimismo, se incorporan emulsionantes, agentes leudantes y conservadores, los cuales desempeñan funciones específicas que influyen en las características del producto, en función de las proporciones y del método de elaboración. (Machuca & Meyhuay, 2017).

2.4.1. Composición

Las galletas son una variedad de panes rápidos que gozan de gran popularidad en diversas formas alrededor del mundo. Están elaboradas con una mezcla de harina, grasa, levadura y leche o agua. Generalmente, la masa se extiende, se corta generalmente en moldes redondos o cuadrados y se hornea. La preparación y uso de ingredientes en distintas regiones del país, la cultura o las tradiciones suelen influir en el tipo de galleta que se prefiere. En promedio, la receta casera contiene un 50% de calorías provenientes de grasas, un 43% de carbohidratos y un 7% de proteínas (Wheat Foods, 2015).

Además, cualquier tipo de galletas que se prepare o se lance al mercado debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos y nutricionales impuestos por la NTP ITINTEC 206.001. Los requisitos se muestran a continuación:

Tabla 9

Requisitos para galletas según NTP ITINTEC 206.001

Componente	Unidad	Requisitos
Humedad	%	máx 12
Cenizas totales	%	máx 3
Índice de peróxido	mg/kg (%p/p)	5
Acidez (Ácido láctico)	% (%v/v)	0.10

Fuente: RM N° 1020-2010/MINSA

2.4.2. Características sensoriales

Las galletas tienen características sensoriales variadas, pueden ser dulces o saladas ya que dependen de los ingredientes usados para su preparación.

Tabla 10*Características sensoriales de las galletas*

Atributos	Especificaciones
Color, olor y sabor	De color oscuro, con olor a naranja y una mezcla de sabores entre naranja y plátano
Aspecto	Galleta cuadrada.
Consistencia	Suave y crujiente

2.5. Polvo de hornear

Este insumo es una mezcla de muchos compuestos entre los que destacan el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) y el fosfato mono cálcico ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$). Conocido como levadura química, agente leudante o impulsor, este ingrediente es empleado en productos de panificación para provocar la liberación controlada de CO_2 al entrar en contacto con la humedad durante el amasado, lo que favorece el desarrollo de la estructura de la masa. De este modo, contribuye a mejorar el volumen, la textura y la consistencia de los productos al término del proceso de horneado.

2.6. Bicarbonato de amonio

El bicarbonato de amonio (NH_4HCO_3) es un compuesto inorgánico conocido como carbonato de amonio. Este se usa como agente leudante, regulador de la acidez y estabilizador. En el ámbito de los alimentos, tiene la capacidad de regular el pH al modificar o controlar la acidez de los productos. Como agente leudante, ya sea utilizado de manera individual o en conjunto con otros componentes, tiene la capacidad de generar gases que facilitan el incremento del volumen de las masas de panificación.

2.7. Uso de residuos agroindustriales

Los residuos o desechos son productos que se encuentran en forma sólida, los cuales tienen efectos que pueden afectar al medio ambiente generando contaminación al aire, suelo y agua, por ende, tanto los consumidores como empresas agroindustriales están obligadas a disponer de estos de acuerdo a normativas y riesgos que puedan afectar a la salud o al medio ambiente. (Cosavalente & Gonzales, 2022).

El reciclaje es muy utilizado como un nuevo método de emprendimiento, sin embargo, se realiza de manera informal por los recicladores o chatarreros que reúnen o intercambian los desechos reutilizables para posteriormente venderlos o los transformarlos y sacar provecho de los mismos, este método de reciclaje, ofrece una oportunidad de

gestión de los residuos. La concientización de reciclar y reutilizar es muy importante para generar un impacto económico y ambiental, tales como la venta del compostaje o la transformación de los residuos orgánicos o el plástico, son acciones que con trabajo, esfuerzo y dedicación no solo generarán beneficios personales, sino hasta nacionales. Es por eso que iniciativas medioambientales de empresas generan muchas ventajas, estableciendo incentivos para elevar el cuidado del medioambiente, fortalecer el negocio y que los productores de estos desechos puedan generar un mercado con tecnologías limpias y que generen un mínimo impacto ambiental para prevenir la contaminación. (Moya, 2021).

Diversas investigaciones mencionan que los residuos vegetales y/o agrícolas tienen un efecto en la economía circular a través de la cantidad de material reutilizado de estos residuos. Cobo et al. (2019) menciona que los residuos agroindustriales son una fuente para producir compostaje lo cual generan beneficios al medioambiente por lo que se minimizaría el uso de fertilizantes sintéticos y a su vez los residuos sólidos. Trisseran et al. (2017) menciona que un 46% de residuos vegetales y agrícolas en Australia se reutilizan en la producción de compostaje y biomasa. Por su parte; Rolewicz, Lelicinska y Manczarski (2020) mencionan que en España se reutilizan un 65% de estos residuos para la producción de compostaje, mientras que en Hungría se reutilizan un 11% de estos residuos para la elaboración del mismo producto (Yee et al., 2019), utilizando buenas prácticas ambientales y evitando la acumulación de estos residuos los cuales afectan al medio ambiente.

Es por eso que dar un valor agregado, el poder transformar de los residuos sólidos en una oportunidad de trabajo se torna viable mediante el reciclaje, la recuperación y la reutilización. De esta manera, se impulsa a tener una mayor responsabilidad en el uso de los residuos, convirtiéndolos en recursos útiles y reduciendo así su impacto negativo en la salud de las personas y en el entorno en general.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se desarrolló en los siguientes laboratorios de la Universidad Nacional del Santa:

- Planta Piloto Agroindustrial
- Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA)
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales
- Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales

3.2. Materiales, reactivos y equipos

3.2.1. Insumos

- Agua (H_2O)
- Azúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
- Bicarbonato de amonio (NH_4HCO_3)
- Esencia de naranja (*citrus sinensis peel oil expressed*)
- Esencia de vainilla (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído)
- Harina de trigo (*triticum aestivum*)
- Huevos (*gallus gallus*)
- Manteca vegetal
- Naranja valencia (*citrus sinensis*)
- Plátano verde (*musa paradisiaca*)
- Polvo de hornear ($NaHCO_3$)
- Sal (*Sodium chloride*)

3.2.2. Materiales

- Bandejas de metal
- Bandejas de plástico
- Bolsas al vacío
- Bolsas de polipropileno
- Crisoles
- Desecadores
- Embudo de vidrio
- Espátula

- Fiola de 10ml, 50ml y 100ml
- Gradillas
- Matraz Erlenmeyer de 250ml
- Micropipeta P10, P100 y P1000.
- Microplacas de plástico
- Microtubos de plástico
- Mortero
- Papel aluminio
- Papel filtro 50x50cm
- Pinzas de metal
- Pipetas de 1ml y 5ml
- Placa Petri
- Probetas de 50ml y 100ml
- Puntas de micropipetas
- Tamiz malla N°60
- Termómetro
- Tubos falcón de 50ml
- Vasos precipitados de 50ml, 250ml y 500ml.

3.2.3. Reactivos

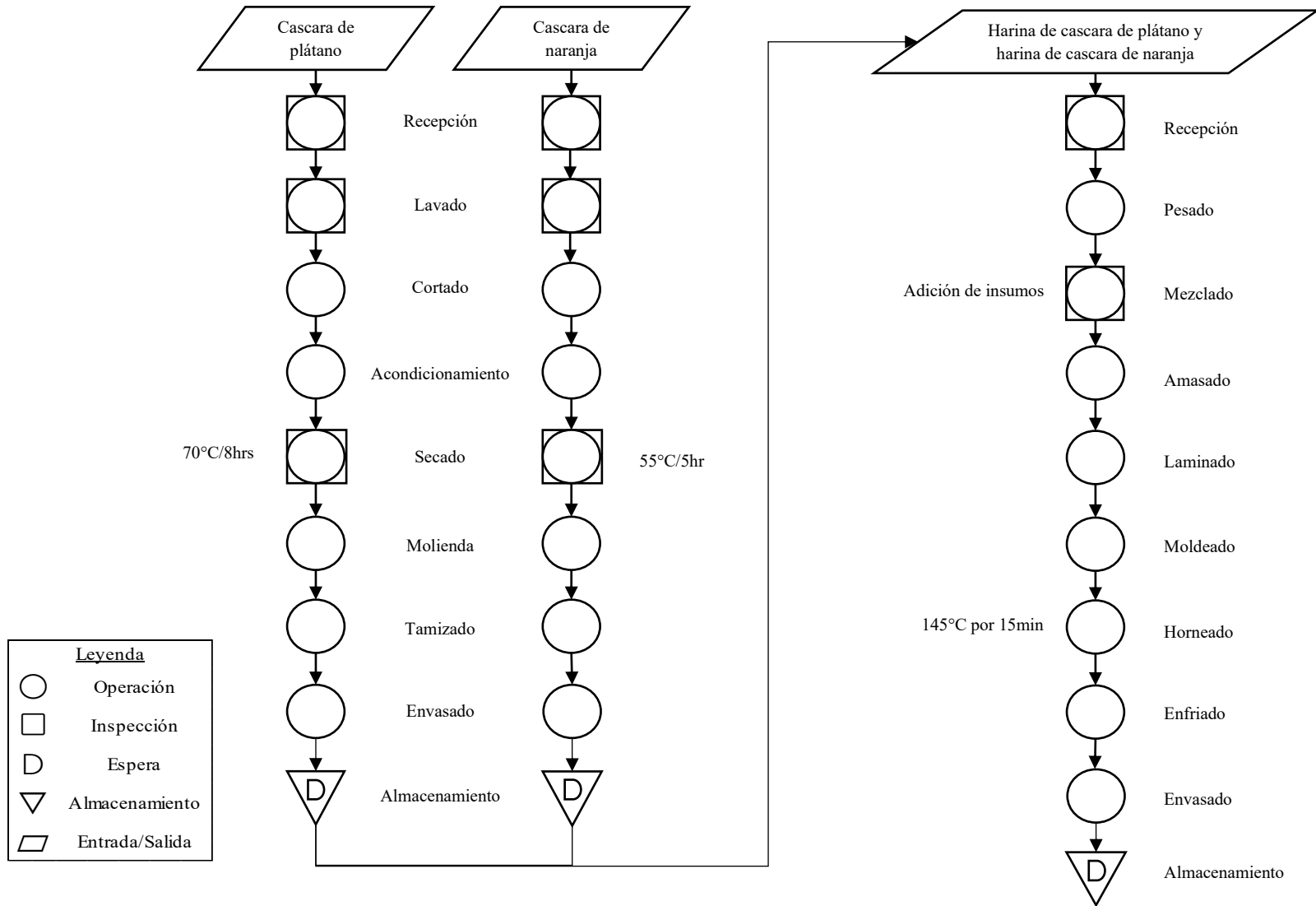
- Acetona (propano-2-ona)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Agua destilada (H_2O)
- Carbonato sódico (Na_2CO_3)
- DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo)
- Éter de petróleo.
- Fenolftaleína ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$)
- Folin-Ciocalteu (fosfomolibdato & fosfowolframato)
- Hexano puro 98% (C_6H_{14})
- Metanol (CH_4)
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH 0.1N).

3.2.4. Equipos

- Balanza analítica marca Precisa Gravimetrics A.G., modelo LX320A, serie 321LX, con una desviación de 0.01 g, de procedencia suiza.
- Balanza gramera marca Precisa, modelo XB4200C, con una desviación de 0.01 g, fabricada en Suiza.
- Batidora industrial con capacidad de 30 L, marca Nova, serie 0549026, de fabricación peruana.
- Colorímetro marca Konica Minolta, modelo CR-400, fabricado en Estados Unidos.
- Estufa de laboratorio marca Pol-Eko Aparatura, modelo SW-17TC, serie SW-1990, de origen estadounidense.
- Horno rotatorio por convección, marca Nova, modelo MAX 1000, serie 0501028, fabricado en Perú.
- Mesa de trabajo elaborada en acero inoxidable.
- Horno mufla marca Thermolyne, serie 347034984, de procedencia alemana.
- Refrigeradora marca Bosch, modelo KSV44, serie 0200148448, fabricada en Suiza.
- Tamiz marca Torrh, distribuido por Jarcon del Perú S.R.L., procedente de Junín.
- Texturómetro marca Brookfield, modelo CT34500, serie 8555940, de fabricación estadounidense.

3.3. Metodología

3.3.1. Diagrama de operaciones del proceso



3.3.2. Descripción del proceso

– Harina de cascara de plátano

Recepción:

Se realizó la recepción de la cáscara de plátano, verificando que cumpliera con los parámetros de calidad correspondientes.

Lavado:

Se realizó el lavado de la cáscara de plátano con agua y 50 ppm de hipoclorito de sodio durante 10 minutos, garantizando su limpieza para el procesamiento.

Cortado:

La cáscara fue cortada en partículas pequeñas de aproximadamente 1×1 cm.

Acondicionamiento:

Las partículas obtenidas se colocaron en una bandeja adecuada para soportar las temperaturas del proceso de secado, distribuyéndose de manera uniforme.

Secado:

Se ajustaron los parámetros del secador de bandejas a una temperatura de 70°C durante 8 horas, permitiendo la evaporación gradual de la humedad.

Molienda:

Las partículas de cáscara de plátano fueron sometidas a un proceso de trituración hasta generar una textura fina.

Tamizado:

Se realizó el tamizado con el fin de eliminar las partículas con un tamaño superior a 0,20 mm, obteniéndose harina de cáscara de plátano.

Envasado:

La harina obtenida fue empacada en bolsas selladas al vacío.

Almacenamiento:

Las bolsas de harina se almacenaron en un lugar seco hasta su utilización en la elaboración de galletas.

– **Harina de cáscara de naranja**

Recepción:

Se realizó la recepción de la cáscara de naranja, verificando que cumpliera con los parámetros de calidad correspondientes.

Lavado:

Las cáscaras de naranja fueron lavadas con abundante agua y 50 ppm de hipoclorito de sodio durante 10 minutos, quedando listas para su procesamiento.

Cortado:

La cáscara fue cortada en partículas pequeñas de aproximadamente 1×1 cm.

Acondicionamiento:

Las partículas obtenidas se colocaron en una bandeja adecuada para resistir las temperaturas del proceso de secado, distribuyéndose de manera uniforme.

Secado:

El secado se realizó en un secador de bandejas a 55 °C durante 5 horas, permitiendo la eliminación gradual de la humedad de la cáscara de naranja.

Molienda:

Las partículas de cáscara de naranja fueron sometidas a un proceso de trituración hasta alcanzar una textura fina y homogénea.

Tamizado:

El producto obtenido fue tamizado con el propósito de separar las partículas cuyo tamaño superó los 0,20 mm, obteniéndose finalmente harina de cáscara de naranja.

Envasado:

La harina obtenida fue empacada en bolsas selladas al vacío.

Almacenamiento:

Las bolsas de harina se almacenaron en un lugar seco hasta su utilización en la elaboración de galletas.

– **Elaboración de galletas**

Recepción de Materia Prima:

Esta etapa marcó el inicio del proceso, donde se recibieron y verificaron las harinas junto con los demás ingredientes necesarios para la elaboración de las galletas.

Pesado:

Se procedió a pesar todos los insumos requeridos para las siguientes operaciones, garantizando la exactitud en las proporciones de los ingredientes.

Mezclado:

En esta fase, se llevó a cabo la mezcla de los ingredientes de forma homogénea.

Amasado:

Se realizó manualmente asegurando una integración uniforme de todos los componentes de la formulación.

Laminado:

La masa se extendió con un rodillo hasta alcanzar el grosor adecuado para las galletas.

Moldeado:

Luego, se procedió al corte con moldes específicos para dar forma a las galletas.

Horneado:

Las galletas fueron colocadas en bandejas y llevadas al horno, donde se programó a una temperatura de 145 °C por 15 minutos para lograr una cocción óptima.

Enfriado:

Las galletas se dejaron reposar hasta que alcanzaron una temperatura ambiente, lo que permitió que se endurecieran adecuadamente y conservaran su textura deseada.

Envasado:

Las galletas se envasaron en bolsas de propileno.

Almacenamiento:

Por último, las galletas envasadas se almacenaron en un ambiente fresco y seco.

3.4. Diseño experimental

3.4.1. Variables independientes

Se definieron como variables independientes a las concentraciones de harina de cáscara de plátano (HCP) y harina de cáscara de naranja (HCN).

3.4.2. Variables dependientes

Se tomaron como variables dependientes:

- Características tecnológicas: textura y color
- Características químico proximales: fibra dietaria
- Características funcionales: polifenoles totales y actividad antioxidante
- Características sensoriales: Color, sabor, olor, textura e intención de compra.

3.4.3. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de los múltiples análisis obtenidos se procesaron mediante el software STATGRAPHICS, a través de un análisis de varianza ANOVA para determinar la existe diferencia significativa con una significancia de 5% ($p < 0.05$).

3.4.4. Diseño estadístico

Para obtener la formulación óptima de las galletas, se realizó un diseño experimental haciendo uso de un Diseño Compuesto Central Rotable (DCCR) 2^2 en el cual los niveles varían en $-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$.

Tabla 11

Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2

Variables Independientes	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	α
Harina de cascara de plátano (HCP)	4	6	8	10	12
Harina de cáscara de naranja (HCN)	4	6	8	10	12

Con este diseño experimental, se llevaron a cabo once tratamientos, los cuales determinaron diferentes tipos de prueba, las cuales son; 4 factoriales, 4 bajo condiciones axiales y 3 suplementarias, que son repeticiones del punto central.

Tabla 12*Valores codificados y valores reales del diseño experimental (DCCR)2²*

Formulaciones	Valores Codificados		Valores Reales	
	X ₁	X ₂	%Harina de cascara de plátano	%Harina de cáscara de naranja
1	-1	-1	6	6
2	+1	-1	10	6
3	-1	+1	6	10
4	+1	+1	10	10
5	- α	0	4	8
6	+ α	0	12	8
7	0	- α	8	4
8	0	+ α	8	12
9	0	0	8	8
10	0	0	8	8
11	0	0	8	8

Tabla 13*Composición de materias primas de para cada formulación*

Formulaciones	% Harina de cascara de plátano	% Harina de cáscara de naranja	%Harina de trigo
1	6	6	88
2	10	6	84
3	6	10	84
4	10	10	80
5	4	8	88
6	12	8	80
7	8	4	88
8	8	12	80
9	8	8	84
10	8	8	84
11	8	8	84

3.4.5. Formulación de las galletas

Se realizó una sustitución parcial de la harina de trigo por harinas obtenidas de cáscara de plátano y cáscara de naranja, de acuerdo con los porcentajes establecidos en el DCCR². El porcentaje restante de la formulación se complementó con harina de trigo, con el fin de asegurar que la mezcla alcanzara el 100%.

Tabla 14

Formulación para la elaboración de galletas

Ingredientes	Base (%)	Peso (g)
Harina de trigo	100.00	1000.00
Manteca vegetal	29.00	290.00
Manteca vegetal	25.70	256.50
Agua	21.70	216.80
Glucosa	6.70	67.00
Sal	0.59	5.90
Bicarbonato de amonio	0.66	6.60
Bicarbonato de sodio	0.34	3.40
Canela en polvo	0.25	2.50
Esencia de vainilla blanca	0.10	1.00
Esencia de naranja	0.15	1.50

3.4.6. Determinación de la composición de la formulación óptima

– **Colorimetría**

Se determinó mediante el método CIE-lab

– **Textura**

Se determinó mediante el Texturómetro.

– **Fibra**

Se determinó en base a los métodos AOAC 991.43, 32-05.01 y 985.29.

– **Polifenoles totales**

Se determinó mediante el método Folin-Ciocalteu.

– **Capacidad antioxidante**

Se determinó mediante el método DPPH.

- **Características sensoriales**

Para la determinación de la aceptabilidad se realizó con la participación de 50 panelistas no entrenados. Esta evaluación sensorial se efectuó en todos los tratamientos realizados, incluida la galleta patrón. El análisis se basó en la degustación individual de cada muestra, considerando los atributos de color, sabor, olor, textura y la intención de compra. Los datos obtenidos fueron registrados mediante el uso de una escala hedónica de 7 puntos.

3.4.7. Elección de la formulación óptima

Para la selección de la formulación óptima de galletas, se empleó un método de optimización de múltiples respuestas mediante el uso del software STATGRAPHICS. Dicho procedimiento tuvo como objetivo maximizar variables como el contenido de fibra, los polifenoles totales, la capacidad antioxidante, la luminosidad, el ángulo de tonalidad, la cromaticidad y los resultados del análisis sensorial, procurando a la vez reducir la dureza del producto final.

3.4.8. Composición proximal de la formulación óptima

- **Grasas**

Se determinó en base al método (AOAC) 963.15 2005.

- **Cenizas**

Se determinó en base a la NTP 205.038: 1975 (Revisada el 2011).

- **Humedad**

Se determinó en base al método AOAC (1990).

- **Proteína**

Se determinó en base al método DUMAS, AOAC 990.03

- **Fibra**

Se determinó en base a los métodos AOAC 991.43, 32-05.01 y 985.29.

- **Carbohidratos**

Se determinó por diferencia, conforme al método de análisis proximal.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización de la materia prima.

4.1.1. Composición proximal

– Harina de cascara de plátano

La tabla siguiente presenta los resultados derivados de los análisis realizados.

Tabla 15

Composición proximal de la harina de cáscara de plátano (100g en base seca)

Composición	Valores (%)
Energía (kcal)	245.37 ± 5.00
Humedad	6.70 ± 0.16
Cenizas	7.14 ± 0.03
Proteína	7.76 ± 0.04
Grasas	5.01 ± 0.25
Fibra	31.08 ± 0.93
Carbohidratos	42.32 ± 0.70

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

En la Tabla 15 se evidencian los valores obtenidos del análisis proximal de la harina de cascara de plátano, los cuales fueron similares a los reportados en otros estudios como Puraikalan (2018) en cuya investigación para la variedad de cascara de plátano “India” obtuvo valores proximales de 270,72±0.01 de energía, Humedad 9.52 ± 0.01, cenizas 12.95±0.01, proteínas de 11.63±0.01, grasa 3.64±0.01, fibra 14.41±0.01 y 47.85±0.01 de carbohidratos. Asimismo, Mohd et al. (2021) presentó valores similares en los análisis de humedad 8.9± 0.022, cenizas 7.0± 0.021, Proteína 6.5± 0.024, fibra 35.9± 0.29, carbohidratos 71.0± 0.27, con excepción de la grasa cuyo valor fue de 13.0± 0.02. Además, reporto valores mayores a la presente investigación Burcu (2021) para la harina de cascara de plátano verde cuyos valores proximales fueron: Humedad 18.6%, Ceniza 1.4%, grasa 16.4%, Proteina 7.7% y carbohidratos 74.5%. Finalmente, Roni et al. (2021) en su tesis de harina de cascara de plátano maduro reporto valores de Humedad 7.95, ceniza 6.81, grasa 3.75%, Proteina 6.01, fibra 45.02, carbohidratos 75.48 y 359.71 kcal.

De acuerdo a Mohd et al. (2021), las diferencias observadas en la composición proximal de la harina de cáscara de plátano con respecto a los valores reportados por

otros autores pueden atribuirse a diversos factores. En primer lugar, la variedad del plátano empleada influye significativamente en su composición química, ya que cada cultivar presenta características particulares en cuanto a contenido de almidón, fibra y compuestos bioactivos. Asimismo, el estado de madurez del fruto al momento del procesamiento determina la proporción de azúcares, almidón y fibra, siendo mayor el contenido de carbohidratos simples en plátanos maduros y de fibra en los verdes. Por otro lado, las condiciones de procesamiento como la temperatura y el tiempo de secado, el tipo de molienda o el pretratamiento de la cáscara pueden modificar la concentración de nutrientes debido a pérdidas por degradación térmica o volatilización.

– **Harina de cascara de naranja**

La tabla siguiente presenta los resultados derivados de los análisis realizados.

Tabla 16

Composición proximal de la harina de cáscara de naranja (100g en base seca)

Composición	Valores (%)
Energía (kcal)	181.47 ± 3.36
Humedad	5.76 ± 0.33
Cenizas	4.44 ± 0.01
Proteína	6.44 ± 0.08
Grasas	2.79 ± 0.01
Fibra	47.92 ± 0.85
Carbohidratos	32.65 ± 0.75

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

En la tabla 16 se evidencian los valores obtenidos del análisis proximal de la harina de cascara de naranja, Gasparre et al. (2024) obtuvo valores similares en su investigación con valores de Humedad 9.51 ± 0.40, grasa 1.43 ± 0.08, ceniza 2.47 ± 0.03, Proteína 6.94± 0.03, y fibra total 40.16 ± 0.30. De igual forma Cemaluk y Osuji (2016) en su tesis reportó valores proximales de humedad 9.68 ± 0.07, ceniza 4.89 ± 0.06, Proteína 11.01 ± 0.10, grasa 6.27 ± 0.06, fibra 13.99±0.06 y carbohidratos 54.17±1.09. Gotmare y Gade (2018) presentaron un análisis proximal para la cascara de naranja cuyos valores fueron mayores a los de esta investigación con Humedad 9.2 ± 0.01, ceniza 7.8 ± 0.01, Proteína 12.43 ± 0.20, carbohidratos 52.90 ± 0.43, a

excepción de la fibra cuyo valor fue inferior con 14.17 ± 0.36 . Ture (2023) presento valores similares para Humedad 8.40 ± 0.46 , ceniza 4.06 ± 0.07 , Proteína 5.60 ± 0.66 , sin embargo, reporto diferencias en los valores de energía 354.19 ± 1.61 , grasa 0.80 ± 0.03 , y fibra 12.23 ± 0.72 . Finalmente, Guerra et al. (2020) reporto en su investigación para la harina de cascara de naranja de la variedad naranja dulce valores proximales de Humedad 8.73 ± 0.11 , ceniza 3.33 ± 0.34 , Proteína 5.63 ± 0.14 , fibra 3.52 ± 2.08 .

Al-Saab y Gadallah (2021) explican que las diferencias entre los valores obtenidos en esta investigación y los reportados por otros autores pueden deberse a factores como la variedad y madurez del fruto, las condiciones de cultivo, así como a los métodos de secado, molienda y análisis utilizados. Asimismo, el uso de distintas fracciones de la cáscara (exocarpio o albedo) influye en los contenidos de fibra, cenizas y grasa, lo que explica la variabilidad observada en la composición proximal respecto a los resultados de otros estudios.

4.1.2. Colorimetría

– Harina de cascara de plátano

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del análisis colorimétrico realizado a la harina de cascara de plátano. Este análisis permitió evaluar los parámetros de color expresados en el sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*), donde L^* indica la luminosidad, a^* el componente cromático entre verde y rojo, y b^* el componente entre amarillo y azul.

Tabla 17

Análisis de colorimetría de la harina de cascara de plátano

Parámetros	Valores
Luminosidad (L^*)	51.40 ± 0.24
a^*	2.59 ± 0.12
b^*	10.80 ± 0.18
Cromaticidad (C^*)	11.11 ± 0.18
Angulo de tonalidad (h^*)	76.51 ± 0.64
Color referencial	

Nota: Los datos se presentan como media \pm desviación estándar ($n = 3$).

– Harina de cascara de naranja

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del análisis colorimétrico realizado a la harina de cascara de naranja. Este análisis permitió evaluar los parámetros de color expresados en el sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*), donde L^* indica la luminosidad, a^* el componente cromático entre verde y rojo, y b^* el componente entre amarillo y azul.

Tabla 18

Análisis de colorimetría de la harina de cascara de naranja

Parámetros	Valores
Luminosidad (L^*)	56.32 ± 0.16
a^*	3.26 ± 0.14
b^*	19.09 ± 0.08
Cromaticidad (C^*)	19.37 ± 0.08
Angulo de tonalidad (h^*)	80.31 ± 0.41
Color referencial	

Nota: Los datos se presentan como media \pm desviación estándar ($n = 3$).

4.1.3. Polifenoles totales

La tabla siguiente presenta los resultados derivados de los análisis realizados.

Tabla 19

Análisis de polifenoles totales

Harina	Polifenoles totales (mg GAE/100g)
Harina de cascara de plátano	108.97 ± 3.78
Harina de cascara de naranja	67.75 ± 1.94

Nota: Media de 3 repeticiones \pm DS.

En la tabla 19 se presenta los valores obtenidos de los compuestos bioactivos de la harina de cascara de plátano (*Musa Paradisiaca*) y harina de cascara de naranja (*Citrus Sinensis*), Kumar (2019) obtuvo un valor de 0.54 ± 0.02 mg/g para fenoles totales de la variedad de cascara de plátano Nendran, de igual forma Pomasa et al. (2025) presento en su investigación un contenido fenólico de 341.84 ± 44.13 (mg GAE/100 g de polvo) para la variedad de plátano maduro Hom Thong. Calix et al. (2025) también presento valores mayores a los de esta investigación, reportando

contenido fenólico 325 ± 1 (mg GAE/100 g). Superior a los resultados reportados, Akhter et al. (2024) obtuvo valores superiores, quienes midieron 162 mg EAG/100g en la cáscara de plátano completamente maduro. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas sobre el CFT (385,83 mg EAG/100 g) de la cáscara de plátano maduro secada al horno Morais et al. (2015). Según Vu et al. (2018) reportaron que el contenido fenólico total (CFT) en la cáscara de plátano varió de 495 a 4700 mg EAG por 100 g. Esta variación en el CFT puede estar asociada a factores como la madurez, la variedad, los procesos de secado y las técnicas analíticas (Zaini et al., 2022).

Con respecto a la cascara de naranja, Ozturk et al. (2018) en su tesis sobre rendimiento de los compuestos fenólicos totales obtuvo valores inferiores a los de esta investigación reportando 15.80 mgGAE/g con el método de extracción disolvente agitado utilizando 80% de etanol a una temperatura de 35C, y 23,40 mgGAE/g por la extracción asistido por microondas (Potencia: 125 W; temperatura: 35 °C), de igual forma, Espinosa-Pardo et al. (2017), presento para el método de extracción por fluido supercrítico (Temperatura: 40–60 °C; presión: 15–35 MPa) valores en un rango de 18–21 mgGAE/g y Althanasiadis et al. (2022) 34,71 mgGAE/g mediante ultrasonido con campo eléctrico pulsado. A su vez, Rincon et al. (2005) en su tesis sobre la composición bioactiva de harina de cascara de naranja, reporto un valor de $43,3 \pm 0,39$ gGAE/ Kg

Los disolventes empleados para la extracción de compuestos polifenólicos son un factor clave para definir la aplicación final del extracto. De hecho, disolventes como el etanol, el ácido acético, el agua o mezclas de ambos se han descrito en la literatura científica como prometedoros, dado que se consideran generalmente seguros para su uso en las industrias cosmética y alimentaria (Figuroa et al., 2021). También se han publicado nuevos métodos para la extracción de compuestos bioactivos (por ejemplo, disolventes eutécticos profundos y campos eléctricos pulsados). Estas nuevas metodologías de extracción buscan mejorar la extracción en condiciones de menor temperatura y concentración de disolvente (Ortiz-Sanchez et al., 2024).

El contenido total de fenoles (CTF) de las muestras de harina plátano y naranja fue superior al de harinas convencionales como la de arroz (0,1 mg EAG/g), sorgo (0,5 mg EAG/g) y avena (0,9 mg EAG/g) (Cairano et al., 2020). Las diferencias observadas en el CTF entre las harinas pueden atribuirse a factores como la región geográfica de producción, la variedad de la planta, el peso fresco, la época de cosecha,

factores genéticos, prácticas agrícolas, manejo postcosecha, métodos de procesamiento, condiciones de almacenamiento, técnicas de cultivo, condiciones climáticas, etapas de maduración y condiciones de extracción (Chang et al., 2022). El elevado CTF hallado en puede atribuirse al papel fundamental de los compuestos fenólicos en los mecanismos de defensa y resistencia de la planta frente a factores ambientales estresantes. Estos compuestos actúan como agentes protectores y su distribución varía en los diferentes órganos de la planta. La cáscara, al ser la parte más expuesta del fruto, se enfrenta a mayores desafíos por parte de los factores ambientales, lo que conlleva una mayor producción o acumulación de estos metabolitos secundarios (Vieira et al., 2022). La presencia de ciertos compuestos fenólicos puede inhibir la actividad de la α -amilasa, afectando así la digestibilidad del almidón (Cairano et al., 2020).

4.1.4. Capacidad antioxidante

La tabla siguiente presenta los resultados derivados de los análisis realizados.

Tabla 20

Análisis de capacidad antioxidante

Harina	DPPH (uMol Trolox/100g)
Harina de cascara de plátano	344.27 \pm 25.33
Harina de cascara de naranja	439.77 \pm 25.33

Nota: Los datos se presentan como media \pm desviación estándar (n = 3).

La tabla 20 muestra el análisis de capacidad antioxidante de la harina de cascara de plátano y harina de cascara de naranja. Diversos estudios han demostrado la actividad antioxidante de la cáscara de plátano debido a su contenido de compuestos activos. Pomasa et al. (2025) presento valores mayores a los de esta investigación con 639,11 mg TE/100 g con el método de captación libre (DPPH) para la harina de cascara de plátano de variedad Hom Thong, mientras que Hassanin et al. (2025) reporto un valor de 283,55 μ g/ml de la variedad de plátano Raja Bulu, a su vez Ponce, (2018) obtuvo un valor de 15,50 μ g/mL para la cascara de plátano.

De acuerdo con Gomes et al. (2014), la elevada actividad antioxidante observada en los extractos de harina de cáscara de plátano se atribuye principalmente a su alto contenido de compuestos fenólicos totales. Estos hallazgos destacan la importancia de seguir investigando el aprovechamiento de la cáscara de banano como

una fuente económica y valiosa de compuestos fenólicos bioactivos (Nitisuk et al., 2025).

En cuanto a la harina de cascara de naranja Zaki et al. (2024) presento un valor mayor al de esta investigación con 795.87 ± 0.08 (μM Trolox/mg de extracto de cascara de naranja), Calvello et al. (2025) en su investigación de la actividad antioxidante del subproducto de naranja, reporto un valor de $725,00 \pm 7.07$ ($\mu\text{g}/\text{mL}$), mientras que Caponio et al. (2024) investigando la caracterización antioxidante de la harina de cascara de naranja, obtuvo 18.43 ± 0.94 ($\mu\text{mol TE por g}$); sin embargo, Muñoz (2025) reporto un valor inferior con $11,38 \pm 0,28$ ($\mu\text{mol}/\text{g}$ de harina).








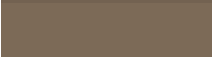




Las variaciones observadas en los resultados de capacidad antioxidante reportados por diferentes autores pueden deberse a múltiples factores que influyen en la extracción y determinación de los compuestos bioactivos (Wanderley et al., 2023). Entre los más importantes se encuentran la variedad de plátano empleada, el grado de madurez (Hikal et al., 2022) de la fruta al momento del procesamiento y las condiciones de secado y molienda, que pueden alterar la concentración y estabilidad de los compuestos fenólicos. Asimismo, dentro del método DPPH, Aravind et al. (2025) menciona que las diferencias en la concentración del reactivo, el tiempo de reacción, el tipo de solvente utilizado y la longitud de onda de lectura pueden generar variaciones en los resultados expresados en equivalentes de Trolox.

4.2. Evaluación de la calidad de las galletas

4.2.1. Colorimetría

En la siguiente tabla se evidencian los valores de L^* , a^* y b^* obtenidos mediante el análisis de colorimetría, expresados en un color referencial, incluyendo la formulación control (F0).

Tabla 21*Caracterización colorimétrica*

Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Luminosidad L*	a*	b*	Cromaticidad C*	Angulo de tonalidad h*	Color referencial
F0	0	0	61.46 ± 0.20	4.28 ± 0.23	19.01 ± 0.28	19.49 ± 0.28	77.31 ± 0.68	
F1	6	6	46.70 ± 0.10	4.64 ± 0.14	14.48 ± 0.20	15.21 ± 0.20	72.23 ± 0.55	
F2	10	6	49.40 ± 0.11	3.51 ± 0.11	13.93 ± 0.03	14.37 ± 0.04	75.86 ± 0.43	
F3	6	10	47.82 ± 0.28	4.38 ± 0.04	14.76 ± 0.14	15.40 ± 0.13	73.47 ± 0.21	
F4	10	10	47.11 ± 0.16	4.15 ± 0.02	13.96 ± 0.10	14.56 ± 0.10	73.44 ± 0.14	
F5	4	8	49.07 ± 0.12	4.37 ± 0.03	15.39 ± 0.05	16.00 ± 0.05	74.15 ± 0.11	
F6	12	8	42.68 ± 0.08	4.27 ± 0.02	12.02 ± 0.07	12.76 ± 0.07	70.44 ± 0.14	
F7	8	4	46.04 ± 0.15	3.84 ± 0.06	13.23 ± 0.17	13.78 ± 0.16	73.81 ± 0.31	
F8	8	12	49.43 ± 0.22	4.23 ± 0.02	15.01 ± 0.04	15.59 ± 0.04	74.26 ± 0.08	
F9	8	8	44.57 ± 0.05	4.81 ± 0.02	13.43 ± 0.01	14.27 ± 0.01	70.29 ± 0.08	
F10	8	8	50.71 ± 0.07	2.01 ± 0.02	13.15 ± 0.08	13.30 ± 0.08	81.31 ± 0.10	
F11	8	8	51.79 ± 0.10	2.47 ± 0.02	14.13 ± 0.02	14.34 ± 0.02	80.08 ± 0.08	

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

4.2.1.1.Luminosidad

En la siguiente tabla se presentan los valores de luminosidad obtenidos mediante el análisis de colorimetría, incluyendo la formulación control (F0).

Tabla 22

Resultados de la luminosidad de las formulaciones de galleta

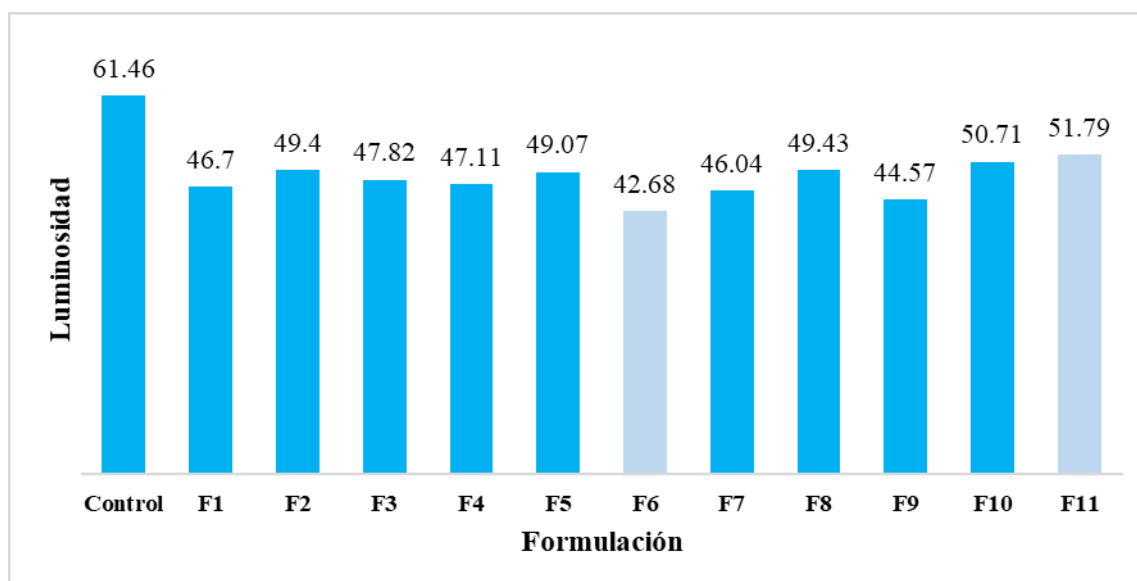
Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Luminosidad L*
F0	0	0	61.46 ± 0.20
F1	6	6	46.70 ± 0.10
F2	10	6	49.40 ± 0.11
F3	6	10	47.82 ± 0.28
F4	10	10	47.11 ± 0.16
F5	4	8	49.07 ± 0.12
F6	12	8	42.68 ± 0.08
F7	8	4	46.04 ± 0.15
F8	8	12	49.43 ± 0.22
F9	8	8	44.57 ± 0.05
F10	8	8	50.71 ± 0.07
F11	8	8	51.79 ± 0.10

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

En la tabla 22 se evidencian los valores de luminosidad correspondientes a los once tratamientos de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de plátano y harina de cáscara de naranja. Los valores varían entre 42,68 y 51,79, siendo F6 la formulación que evidencia el valor mínimo, mientras que la formulación F11 registra el valor máximo.

Figura 1

Valores de la luminosidad por formulación



La figura 1 muestra los resultados de luminosidad de los once tratamientos incluido la galleta control, la cual evidencia una luminosidad de 61,46. Los tratamientos F6 y F11 muestran valores mínimos y máximos de todas las formulaciones, con valores de 42.68 y 51.79 respectivamente.

En el estudio de Sharma et al. (2021) reportó que la incorporación de harina de banano disminuyó la luminosidad de las galletas obteniendo valores de 60.29 y 59.18 en comparación de la galleta control con luminosidad de 66.00, lo cual indicó un oscurecimiento notable del producto al aumentar la proporción de harina de banano. Este estudio guarda similitud con el artículo de Akhter et al. (2024) de panes elaborados con harina de cáscara de plátano, la luminosidad de la corteza disminuyó de 78.46 a 40.53 y la de la miga de 61.21 a 41.10, en comparativa con el pan control; lo que indica un oscurecimiento significativo del producto al incorporar cáscara de plátano.

– **Análisis de varianza de la Luminosidad L* de las galletas**

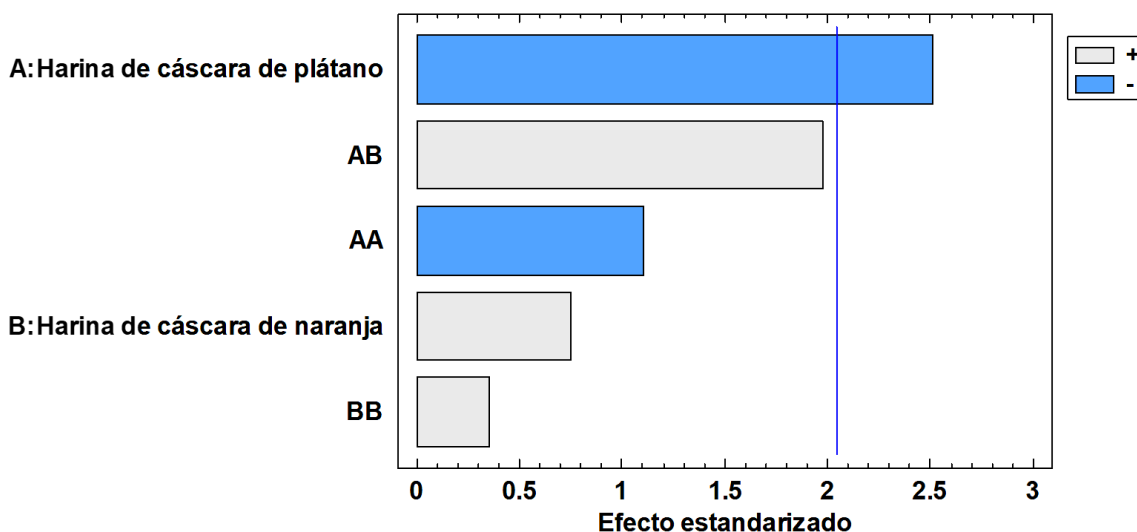
En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los valores de luminosidad obtenidos. Este análisis permitió determinar si existen diferencias significativas entre las distintas formulaciones, incluyendo la muestra control.

Tabla 23*Análisis de varianza de la luminosidad*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Harina de cáscara de plátano	39.7499	1	39.7499	6.32	0.0176
B: Harina de cáscara de naranja	3.53452	1	3.53452	0.56	0.4594
AA	7.71586	1	7.71586	1.23	0.2770
AB	24.5469	1	24.5469	3.90	0.0575
BB	0.801985	1	0.801985	0.13	0.7236
Error total	188.792	30	6.29307		
Total (corr.)	744.134	35			

Nota: Valores al 95% de confianza

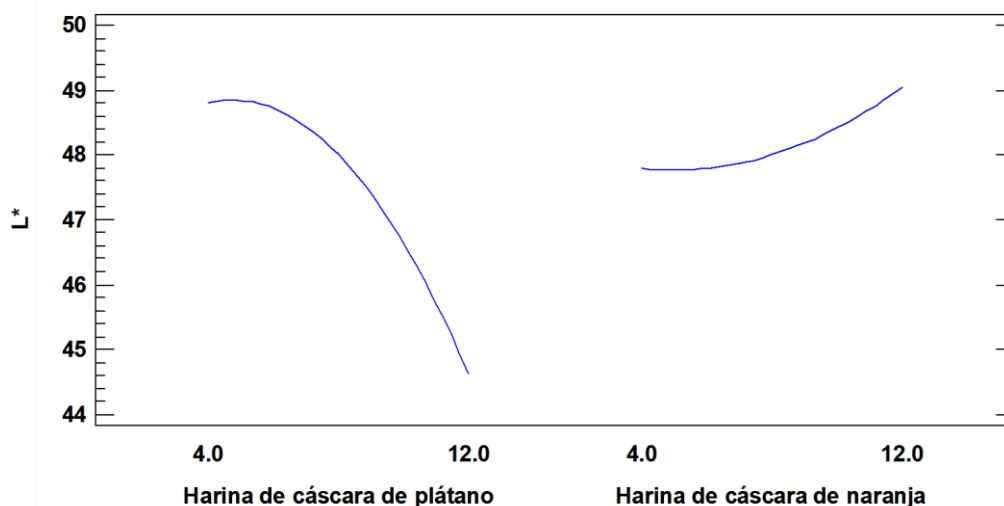
La tabla ANOVA evalúa la variabilidad de la luminosidad (L^*) de las galletas para cada uno de los efectos analizados, determinando su significancia estadística al comparar el cuadrado medio de cada factor con el error experimental. Los resultados muestran que el efecto correspondiente a la variable A (harina de cáscara de plátano) presenta un valor $p < 0.05$, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%. Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) señala que el modelo explica el 74.62% de la variabilidad observada en la luminosidad, mientras que el R^2 ajustado es de 70.40%, confirmando que la harina de cáscara de plátano influye de manera importante en la luminosidad de las galletas.

Figura 2*Diagrama de Pareto de la luminosidad (L^*)*

El factor con mayor efecto sobre la luminosidad es A: Harina de cáscara de plátano, seguido por la interacción AB. En tercer lugar, aparece AA con un efecto moderado. Los factores con menor influencia son B: Harina de cáscara de naranja y BB, que presentan los valores estandarizados más bajos.

Figura 3

Gráfica de Efectos Principales de la luminosidad



La luminosidad presenta una tendencia curva donde disminuye inicialmente y luego se incrementa. Al aumentar la harina de cáscara de plátano, el valor de L^* tiende a caer, lo que indica un oscurecimiento progresivo del producto. En cambio, al elevar la harina de cáscara de naranja, la luminosidad aumenta de manera más clara. En conjunto, la gráfica evidencia que la cáscara de plátano oscurece mientras que la cáscara de naranja aclara la formulación.

– **Análisis de regresión de la Luminosidad L^* de las galletas**

Tabla 24

Análisis de regresión de la luminosidad

Coefficiente	Estimado
constante	61.1712
A: Harina de cáscara de plátano	-0.951546
B: Harina de cáscara de naranja	-1.97405
AA	-0.0803465
AB	0.214401
BB	0.0259035

El análisis de regresión realizado indica que la ecuación del modelo ajustado es:

$$L^* = 61.17 - 0.95A - 1.97B - 0.08 * A^2 + 0.21 * A * B + 0.03 * B^2$$

La ecuación obtenida corresponde a un modelo matemático que permite estimar la luminosidad de las galletas en relación a las variables; A: harina de cascara de plátano y B: harina de cascara de naranja. Este modelo permitió obtener los gráficos de superficie de respuesta y contorno que se muestran a continuación.

Figura 4

Gráfica de Superficie de Respuesta de la luminosidad

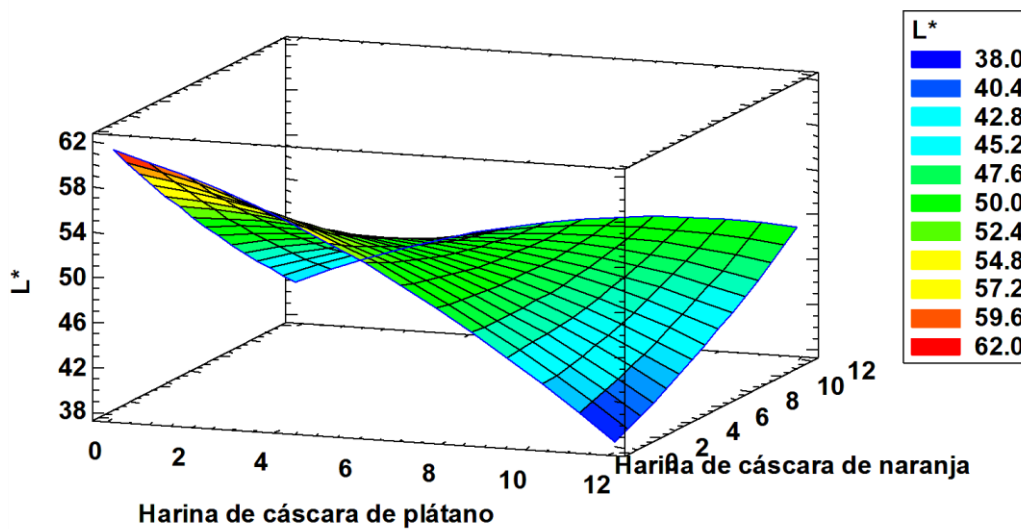
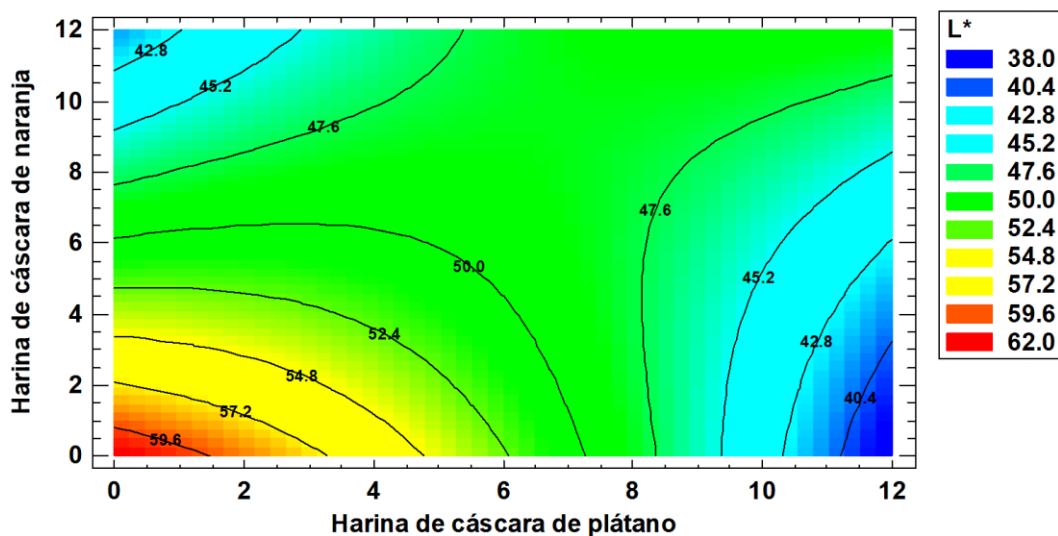


Figura 5

Gráfica de Contornos de la luminosidad



Las gráficas muestran el efecto de las harinas de cáscara de plátano y naranja sobre la luminosidad del producto. En general, se observa que la luminosidad disminuye cuando aumentan los niveles de ambas harinas. La superficie de respuesta indica que las zonas con mayores cantidades de cáscara generan los valores más bajos de luminosidad. El gráfico de contornos confirma este comportamiento, mostrando áreas de tonalidad más oscura asociadas a concentraciones elevadas de harinas. En conjunto, las figuras muestran que un mayor aporte de cáscaras reduce significativamente la luminosidad de las galletas.

– **Optimización de la Luminosidad L* de las galletas**

Elegimos F11 debido a su cercanía con F0 puesto que es el valor más alto y procuramos tener una galleta con una luminosidad alta y atractiva visualmente.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Harina de cáscara de plátano	4.0	12.0	4.0
Harina de cáscara de naranja	4.0	12.0	4.0

4.2.1.2.Cromaticidad

En la siguiente tabla se presentan los valores de cromaticidad obtenidos mediante el análisis de colorimetría, incluyendo la formulación control (F0).

Tabla 25

Resultados de la cromaticidad de las formulaciones de galleta

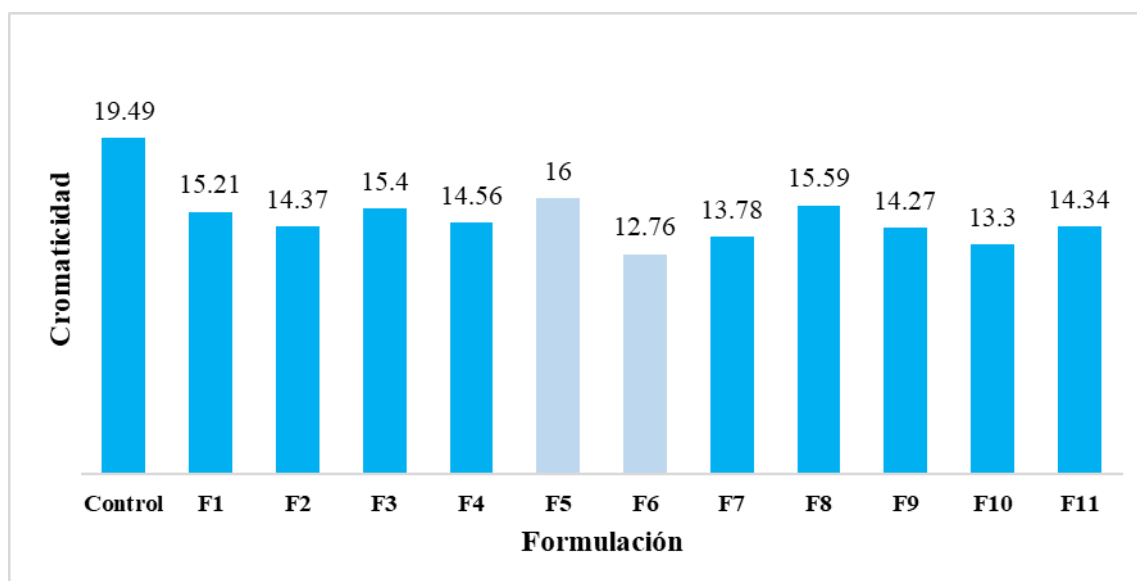
Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Cromaticidad C*
F0	0	0	19.49 ± 0.28
F1	6	6	15.21 ± 0.20
F2	10	6	14.37 ± 0.04
F3	6	10	15.40 ± 0.13
F4	10	10	14.56 ± 0.10
F5	4	8	16.00 ± 0.05
F6	12	8	12.76 ± 0.07
F7	8	4	13.78 ± 0.16
F8	8	12	15.59 ± 0.04
F9	8	8	14.27 ± 0.01
F10	8	8	13.30 ± 0.08
F11	8	8	14.34 ± 0.02

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

En la tabla 25 se evidencian los valores de cromaticidad correspondientes a los once tratamientos de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de naranja y harina de cáscara de plátano. Los valores varían entre 12.76 y 16.00, siendo el tratamiento F6 (12 % Harina de cáscara de plátano y 8% Harina de cáscara de naranja) el que muestra el valor más bajo, mientras que el tratamiento F5 (4% Harina de cáscara de plátano y 8% Harina de cáscara de naranja) registra el valor más alto.

Figura 6

Valores de la cromaticidad por formulación



La figura 6 evidencia los resultados de cromaticidad de los once tratamientos junto a la galleta control, la cual evidencia una cromaticidad de 19.49. La formulación F5 presenta el valor máximo de 16.00 lo cual es el más cercano a la galleta control y la formulación F6 muestra el valor mínimo de 12.76.

Por otro lado, según Akhter et al. (2024), en su estudio muestra que la cromaticidad del pan se modificó con la incorporación de harina de plátano verde que indican oscurecimiento y variaciones en tono y saturación de esa manera las sustituciones moderadas ($\approx 10\%$) mantienen una cromaticidad relativamente aceptable, mientras que porcentajes más altos producen cambios más notorios. Asimismo, Khoozani et al. (2020) en su investigación sobre pan elaborado con sustitución de harina de trigo por harina de plátano verde afecta la cromaticidad del pan tanto corteza como miga produciendo un oscurecimiento progresivo al aumentar la proporción de sustitución.

– **Análisis de varianza de la Cromaticidad C* de las galletas**

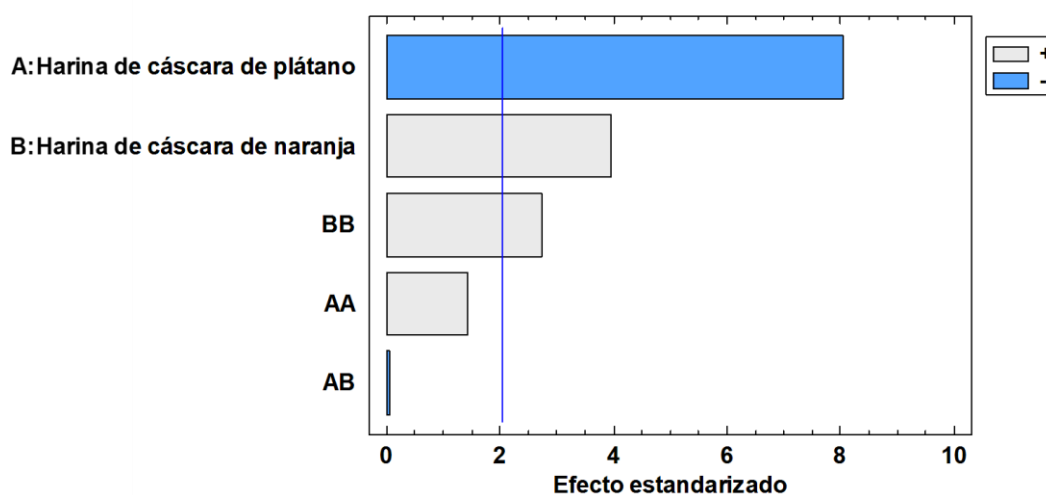
En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los valores de cromaticidad obtenidos. Este análisis permitió determinar si existen diferencias significativas entre las diferentes formulaciones, incluyendo la muestra control.

Tabla 26*Análisis de varianza de la cromaticidad*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
A: Harina de cáscara de plátano	16.7614	1	16.7614	64.79	0.0000
B: Harina de cáscara de naranja	4.06763	1	4.06763	15.72	0.0004
AA	0.538034	1	0.538034	2.08	0.1596
AB	0.00058073	1	0.00058073	0.00	0.9625
BB	1.9492	1	1.9492	7.53	0.0101
Error total	7.76087	30	0.258696		
Total (corr.)	98.1203	35			

Nota: Valores al 95% de confianza

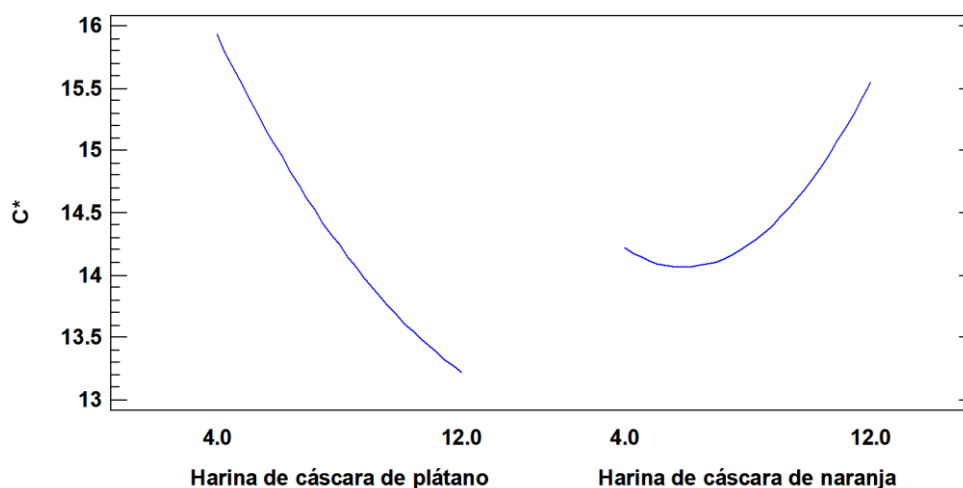
La tabla ANOVA evalúa la variabilidad de la cromaticidad (C^*) de las galletas para cada uno de los efectos analizados, determinando su significancia estadística al comparar el cuadrado medio de cada factor con el error experimental. Los resultados muestran que tres efectos (A: harina de cáscara de plátano, B: harina de cáscara de naranja y la interacción BB) presentan valores $p < 0.05$, lo que indica diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) revela que el modelo explica el 92.09% de la variabilidad observada en C^* , mientras que el R^2 ajustado es de 90.77%, lo que confirma un excelente ajuste del modelo y evidencia que las harinas empleadas influyen significativamente en la cromaticidad de las galletas.

Figura 7*Diagrama de Pareto de la cromaticidad (C^*)*

El factor predominante en la cromaticidad es A: Harina de cáscara de plátano, con una diferencia muy marcada respecto a los demás. En segundo lugar, aparece B: Harina de cáscara de naranja. Los efectos de menor magnitud corresponden a BB, AA y AB, que muestran contribuciones bajas en comparación.

Figura 8

Gráfica de Efectos Principales de la cromaticidad



La cromaticidad muestra una caída progresiva con el aumento de harina de cáscara de plátano, lo que indica menor saturación del color. Con la harina de cáscara de naranja se observa lo contrario: una tendencia ascendente marcada que refleja un aumento en la intensidad o pureza del color. Por lo tanto, la gráfica revela que la cáscara de plátano reduce la saturación cromática, mientras que la cáscara de naranja la incrementa significativamente en niveles altos.

– **Análisis de regresión de la Cromaticidad C* de las galletas**

Tabla 27

Análisis de regresión de la cromaticidad

Coeficiente	Estimado
constante	19.4875
A: Harina de cáscara de plátano	-0.670015
B: Harina de cáscara de naranja	-0.470848
AA	0.0212168
AB	-0.00104284
BB	0.0403835

El análisis de regresión realizado indica que la ecuación del modelo ajustado es:

$$C^* = 19.48 - 0.67A - 0.47B + 0.02 * A^2 - 0.001 * A * B + 0.04 * B^2$$

La ecuación obtenida corresponde a un modelo matemático que permite estimar la cromaticidad de las galletas en relación a las variables; A: harina de cascara de plátano y B: harina de cascara de naranja. Este modelo permitió obtener los gráficos de superficie de respuesta y contorno que se muestran a continuación.

Figura 9

Gráfica de Superficie de Respuesta de la cromaticidad

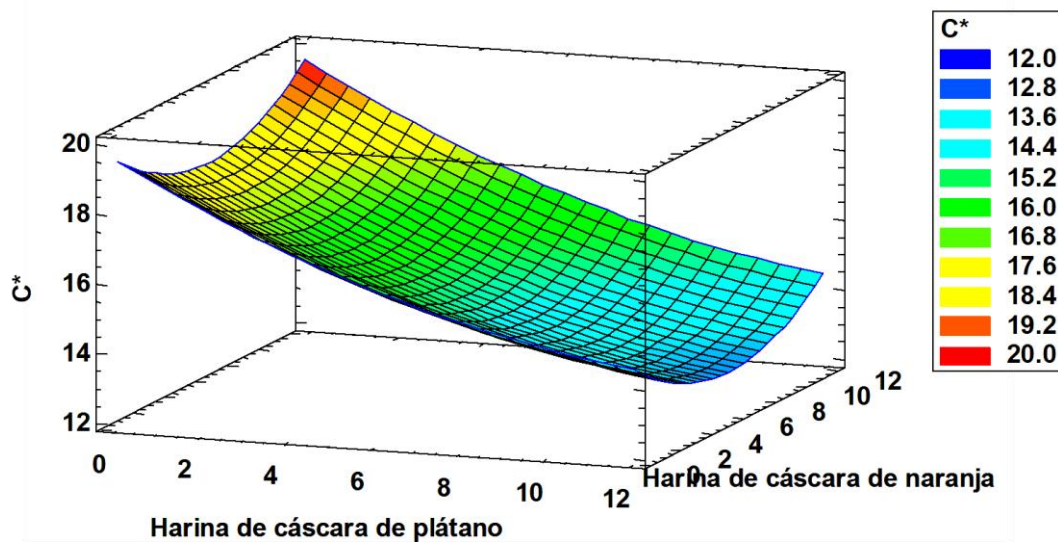
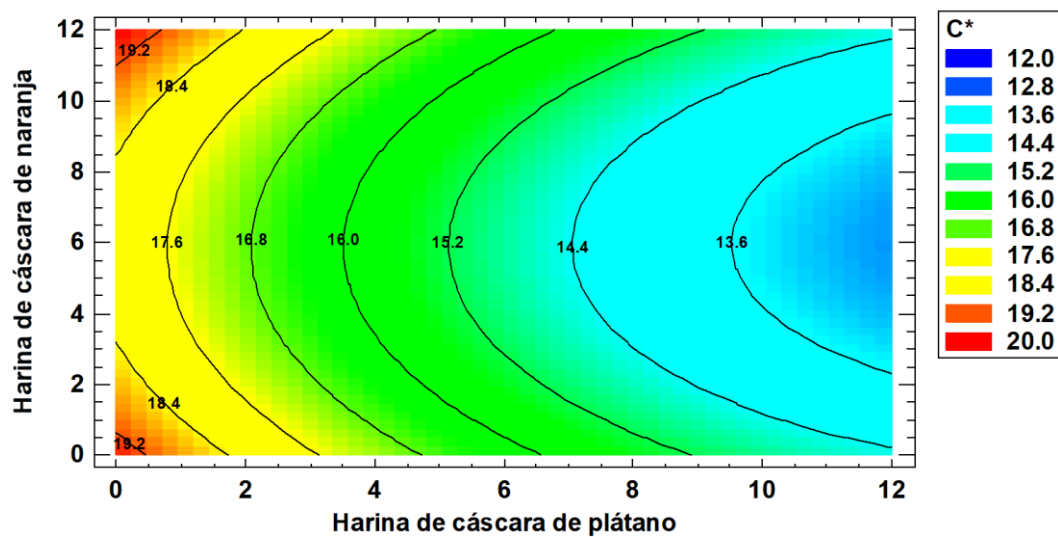


Figura 10

Gráfica de Contornos de la cromaticidad



Las gráficas muestran el comportamiento de la cromaticidad frente a los niveles de harina de cáscara de plátano y naranja. En general, se observa una reducción progresiva en la intensidad del color conforme aumentan las harinas. La superficie de respuesta indica un descenso continuo del parámetro cromático en zonas de mayores concentraciones de cáscaras. El gráfico de contornos confirma esta tendencia, delimitando áreas amplias de valores más bajos en las regiones con mayor adición de harinas. En conjunto, las figuras muestran que el incremento de cáscaras disminuye la intensidad del color en las formulaciones.

– **Optimización de la Cromaticidad C* de las galletas**

Elegimos F5 debido a su cercanía con F0 puesto que es el valor más alto y procuramos tener una galleta con una cromaticidad alta y atractiva visualmente.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Harina de cáscara de plátano	4.0	12.0	4.0
Harina de cáscara de naranja	4.0	12.0	12.0

4.2.1.3. Ángulo de tonalidad

En la siguiente tabla se presentan los valores del ángulo de tonalidad obtenidos mediante el análisis de colorimetría, incluyendo la formulación control (F0).

Tabla 28

Resultados del ángulo de tonalidad de las formulaciones de galleta

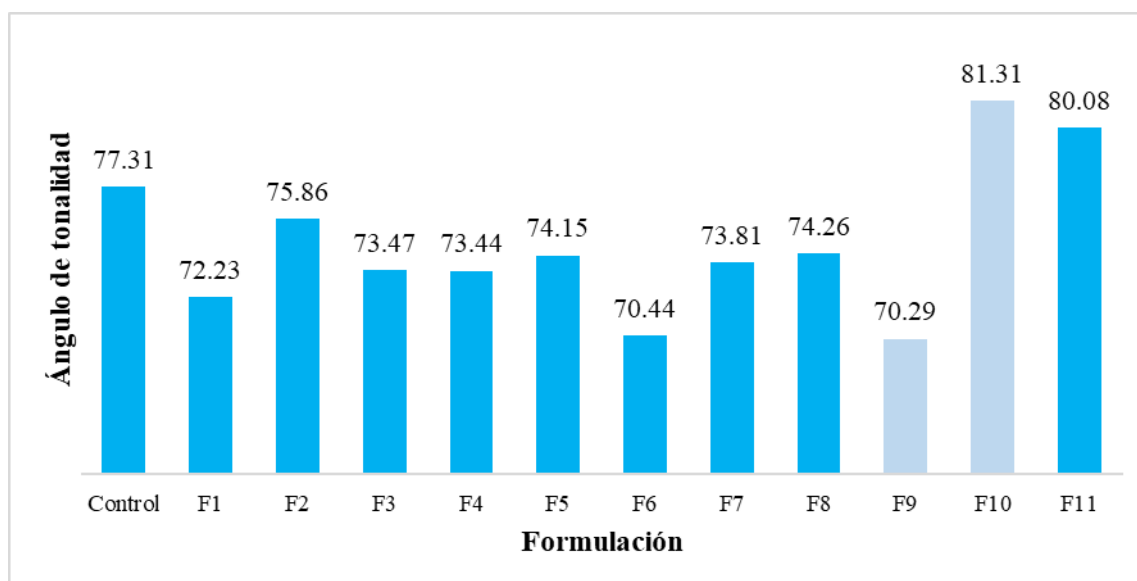
Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Ángulo de tonalidad h*
F0	0	0	77.31 ± 0.68
F1	6	6	72.23 ± 0.55
F2	10	6	75.86 ± 0.43
F3	6	10	73.47 ± 0.21
F4	10	10	73.44 ± 0.14
F5	4	8	74.15 ± 0.11
F6	12	8	70.44 ± 0.14
F7	8	4	73.81 ± 0.31
F8	8	12	74.26 ± 0.08
F9	8	8	70.29 ± 0.08
F10	8	8	81.31 ± 0.10
F11	8	8	80.08 ± 0.08

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

En la tabla 28 se evidencian los resultados del ángulo de tonalidad correspondientes a los once tratamientos de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de naranja y cáscara de plátano. Los valores varían entre 70.29 a 81.31, siendo la formulación F9 el que muestra el valor más bajo, mientras que la formulación F10 registra el valor más alto.

Figura 11

Valores del ángulo de tonalidad por formulación



La figura 11 evidencia los resultados del ángulo de tonalidad de los 11 tratamientos incluyendo la galleta control, la cual evidencia un ángulo de tonalidad de 77.31. Las formulaciones F10 y F11 muestran tonalidades más intensas, con valores de 81.31 y 80.08 respectivamente, mientras que el F9 muestra la tonalidad más baja con el valor de 70.29.

La tonalidad del color en las galletas es un indicador clave de su proceso de horneado y calidad. Un color dorado uniforme suele asociarse con una cocción adecuada, aportando una apariencia atractiva y apetecible para el consumidor. Tonos demasiado claros pueden reflejar una cocción incompleta, mientras que tonalidades muy oscuras pueden indicar sobre horneado, lo cual no solo afecta la apariencia, sino también el sabor, la textura y el valor nutricional del producto. Además, el color está estrechamente relacionado con reacciones químicas como la reacción de Maillard y la caramelización de azúcares, procesos que influyen en el desarrollo del aroma y sabor característicos de las galletas.

– **Análisis de varianza del Ángulo de tonalidad h^* de las galletas**

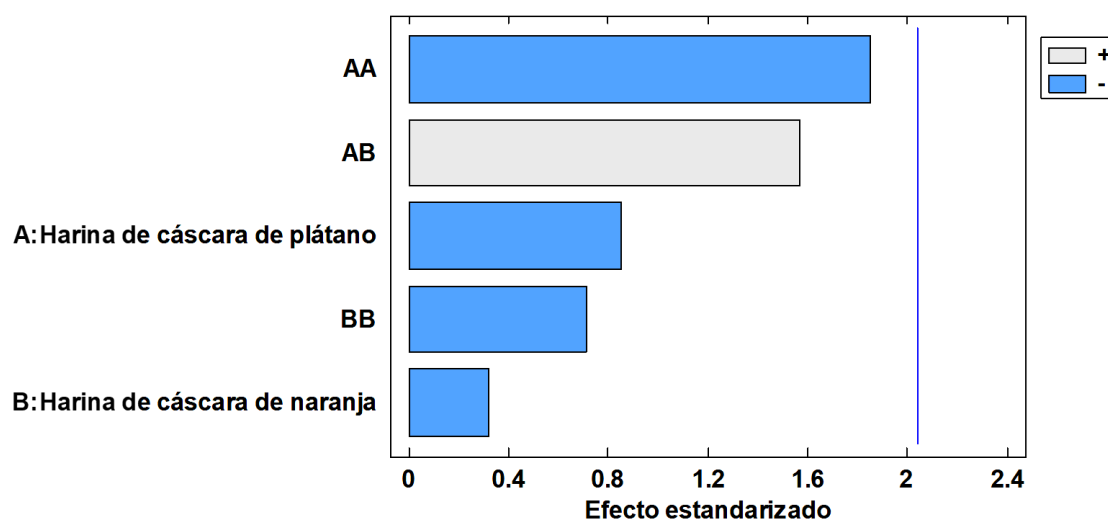
En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los valores del ángulo de tonalidad obtenidos. Este análisis permitió determinar si existen diferencias significativas entre las distintas formulaciones, incluyendo la muestra control.

Tabla 29*Análisis de varianza del ángulo de tonalidad*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
A: Harina de cáscara de plátano	7.91755	1	7.91755	0.73	0.3994
B: Harina de cáscara de naranja	1.12803	1	1.12803	0.10	0.7492
AA	37.1887	1	37.1887	3.43	0.0738
AB	26.7317	1	26.7317	2.47	0.1267
BB	5.48565	1	5.48565	0.51	0.4822
Error total	324.986	30	10.8329		
Total (corr.)	387.238	35			

Nota: Valores al 95% de confianza

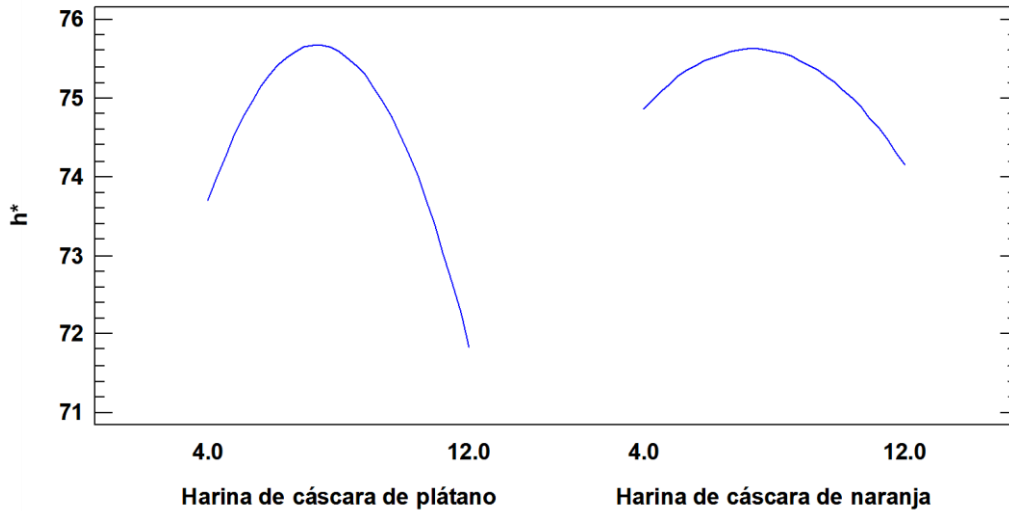
La tabla ANOVA evalúa la variabilidad de la tonalidad (h^*) de las galletas para cada uno de los efectos analizados, determinando su significancia estadística al comparar el cuadrado medio de cada factor con el error experimental. Los resultados muestran que ningún efecto presenta un valor $p < 0.05$, por lo que no se evidencian diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. Además, el coeficiente de determinación (R^2) indica que el modelo explica únicamente el 16.08% de la variabilidad observada en h^* , mientras que el R^2 ajustado alcanza solo 2.09%, lo que sugiere que los factores evaluados no influyen de manera considerable en la tonalidad de las galletas.

Figura 12*Diagrama de Pareto del ángulo de tonalidad (h^*)*

El factor que más afecta el ángulo de tonalidad es AA, seguido por la interacción AB. Luego aparece A: Harina de cáscara de plátano, con un efecto intermedio. Los factores con menor influencia son BB y B: Harina de cáscara de naranja, que presentan los valores más bajos.

Figura 13

Gráfica de Efectos Principales del ángulo de tonalidad



El ángulo de tonalidad presenta un patrón de parábola negativa con la harina de cáscara de plátano, alcanzando un punto máximo antes de disminuir nuevamente. Con la harina de cáscara de naranja se observa un aumento inicial seguido de una leve caída hacia los niveles superiores. En conjunto, la gráfica indica que ambos ingredientes modifican el matiz del color, generando variaciones importantes en el tono perceptible a distintos niveles.

4.2.2. Textura

En la siguiente tabla se presentan los valores de dureza obtenidos mediante el análisis de textura, expresados en Newton (N), incluyendo la formulación control (F0).

Tabla 30

Resultados de la dureza de las formulaciones de galleta

Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Dureza (N)
Control	0	0	36.08 ± 4.69
F1	6	6	41.93 ± 7.68
F2	10	6	40.76 ± 6.10
F3	6	10	41.80 ± 7.07
F4	10	10	39.08 ± 3.67
F5	4	8	46.09 ± 3.79
F6	12	8	46.49 ± 8.47
F7	8	4	47.77 ± 5.06
F8	8	12	47.53 ± 9.40
F9	8	8	40.43 ± 4.36
F10	8	8	38.42 ± 4.16
F11	8	8	34.13 ± 5.61

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

En la tabla 30 se evidencian los valores de dureza (N) correspondientes a los once tratamientos de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de naranja y cáscara de plátano. Las formulaciones F10 y F11 evidencian resultados similares o cercanos a la galleta control, con valores de 38.42 y 34.13N respectivamente.

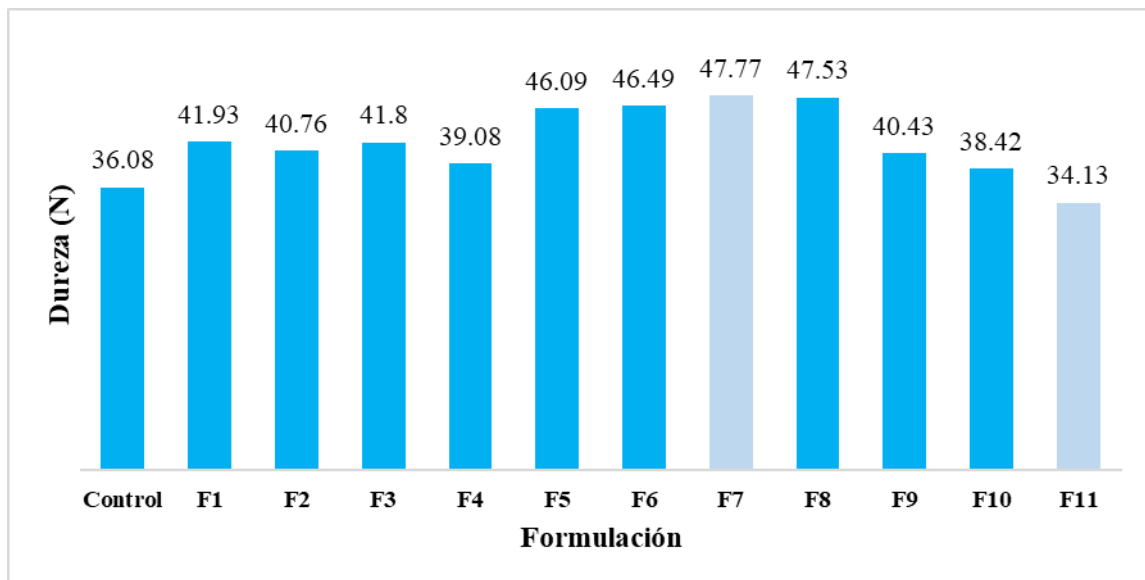
Según Cusi (2021) observó que la incorporación parcial de harina de cáscara de banano y plátano en la elaboración de galletas mostró que niveles bajos de sustitución permiten mantener una textura similar a la tradicional, conservando la dureza dentro de rangos aceptables para un producto crocante. La galleta presentó una dureza de aproximadamente 38.00N, valor que indica que la estructura del producto no se ve comprometida y que la sustitución mejora el aporte de fibra sin alterar

negativamente la calidad sensorial, estos resultados evidencian que la cáscara de banano y plátano puede emplearse como ingrediente funcional sin afectar la integridad estructural del producto. Estos resultados son similares al estudio realizado por Pomasa et al. (2025), donde se evidenció que la adición de polvo de cáscara de banana madura a galletas sin gluten elaboradas con harina de maíz mejoró notablemente su integridad estructural: aunque la resistencia a la ruptura disminuyó, las galletas con cáscara mantuvieron una dureza superior durante el almacenamiento en comparación con las galletas control lo que sugiere una textura más firme y estable a lo largo del tiempo

Por otro lado, la incorporación de harina de cáscara de naranja generó un incremento significativo en la dureza de las galletas, observándose que la formulación con mejor aceptación sensorial presentó valores cercanos a 57 N, lo que refleja una estructura más firme y resistente a la fractura. Este aumento se atribuye al mayor contenido de fibra insoluble aportado por la cáscara, la cual reduce la porosidad y compacta la matriz del producto (Pérez, 2020).

Figura 14

Valores de la dureza por formulación



La figura 14 evidencia los resultados de dureza de las 11 formulaciones junto con la galleta control, la cual presenta una dureza de 36.08N. Los valores varían entre 34.13 y 47.77N, siendo el tratamiento F11 el que muestra el valor más bajo, mientras que el tratamiento F7 registra el valor más alto.

– **Análisis de varianza de la textura de las galletas**

En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los valores de dureza obtenidos. Este análisis permitió determinar si existen diferencias significativas entre las distintas formulaciones, incluyendo la muestra control.

Tabla 31

Análisis de varianza de la dureza

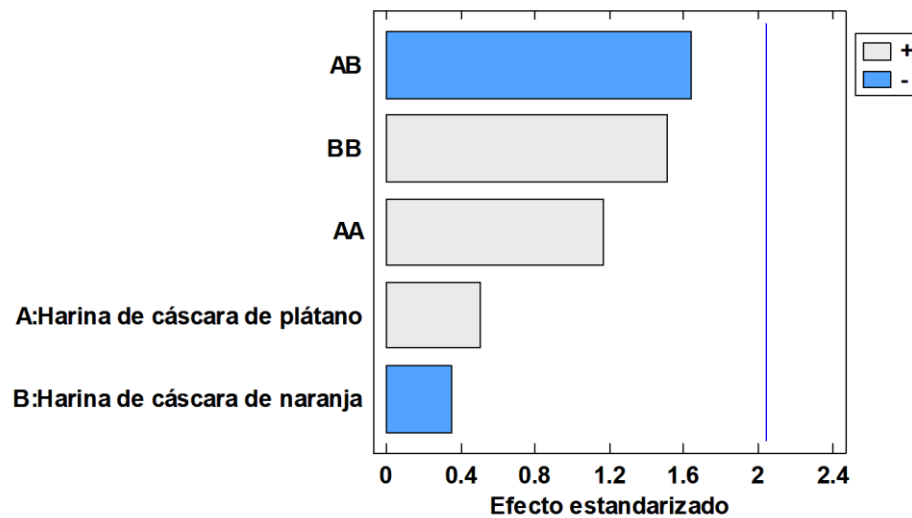
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Harina de cáscara de plátano	18.9466	1	18.9466	0.25	0.6185
B: Harina de cáscara de naranja	9.2419	1	9.2419	0.12	0.7277
AA	101.909	1	101.909	1.36	0.2524
AB	200.568	1	200.568	2.68	0.1120
BB	169.875	1	169.875	2.27	0.1423
Error total	2244.71	30	74.8236		
Total (corr.)	2498.72	35			

Nota: Valores al 95% de confianza

La tabla ANOVA evalúa la variabilidad de la dureza de las galletas para cada uno de los efectos analizados, determinando su significancia estadística al comparar el cuadrado medio de cada factor con el error experimental. Los resultados muestran que ningún efecto presenta un valor $p < 0.05$, por lo que no se evidencian diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. Además, el coeficiente de determinación (R^2) indica que el modelo explica únicamente el 10.17% de la variabilidad observada en la dureza, mientras que el R^2 ajustado es 0.0%, lo que sugiere que los factores evaluados no tienen un efecto relevante sobre esta propiedad de las galletas.

Figura 15

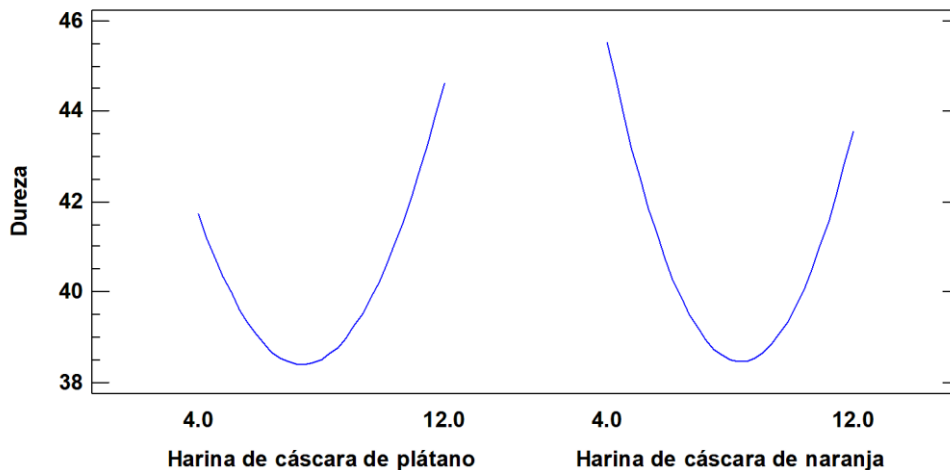
Diagrama de Pareto de la dureza



El factor de mayor impacto en la dureza es la interacción AB, seguido de BB, que también muestra un efecto importante. En tercer lugar, se ubica AA. Los efectos menores corresponden a A: Harina de cáscara de plátano y B: Harina de cáscara de naranja, que presentan los valores más reducidos.

Figura 16

Gráfica de Efectos Principales de la dureza



La dureza muestra una forma de parábola positiva, disminuyendo al inicio y aumentando notablemente en niveles superiores. Con ambas harinas, la dureza desciende ligeramente hasta alcanzar un punto mínimo. En conjunto, esto indica que ambas harinas suavizan la estructura en niveles bajos, pero en niveles altos, especialmente la de naranja, generan un producto más firme.

4.2.3. Fibra

En la siguiente tabla se presentan los valores de fibra obtenidos mediante el método AOAC, expresados en %, incluyendo la formulación control (F0).

Tabla 32

Resultados de fibra de las formulaciones de galleta

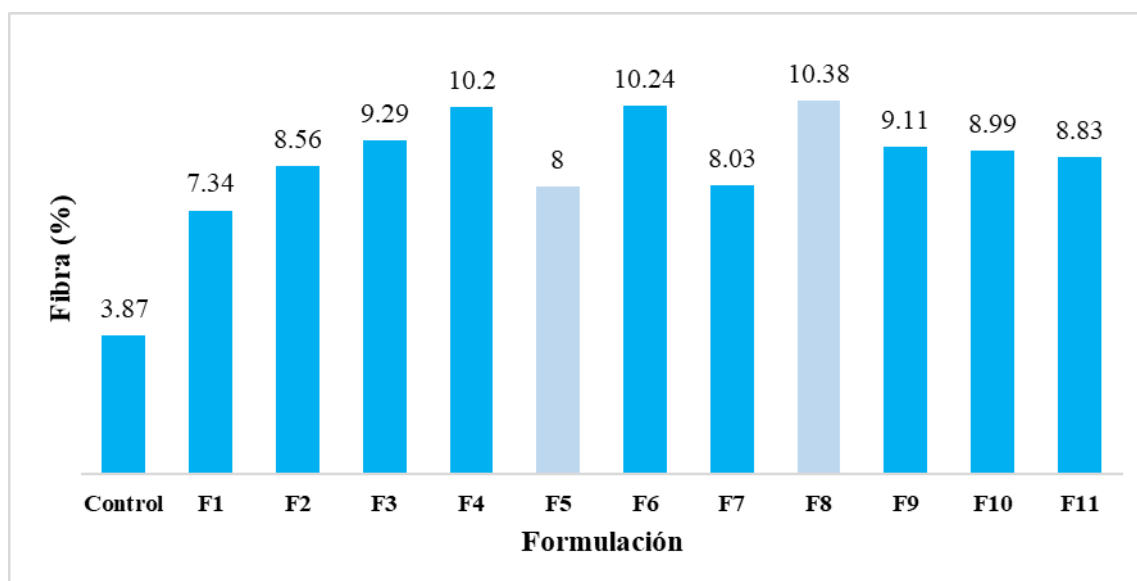
Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Fibra (%)
F0	0	0	3.87 ± 0.78
F1	6	6	7.34 ± 1.11
F2	10	6	8.56 ± 1.05
F3	6	10	9.29 ± 1.13
F4	10	10	10.20 ± 1.22
F5	4	8	8.00 ± 0.99
F6	12	8	10.24 ± 1.03
F7	8	4	8.03 ± 0.67
F8	8	12	10.38 ± 0.97
F9	8	8	9.11 ± 0.99
F10	8	8	8.99 ± 0.96
F11	8	8	8.83 ± 0.96

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

En la tabla 32 se evidencian los resultados de fibra (%) correspondientes a los once tratamientos de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de naranja y cáscara de plátano. Los resultados varían entre 7.34 y 10.38%, siendo la formulación F1 el que evidencia el valor más bajo, mientras que la formulación F8 evidencia el valor más alto.

Figura 17

Valores de la fibra por formulación



La figura 17 evidencia la variación del contenido de fibra de las 11 formulaciones junto con la galleta control donde se evidencia un incremento progresivo conforme se incrementa el % de sustitución de harina de trigo por harina de cáscara. Este comportamiento era esperado, dado que tanto la cáscara de plátano como la de naranja presentan naturalmente un alto contenido de fibra dietaria.

Según García y Mendoza (2019) La incorporación de harina de cáscara de plátano en la elaboración de las galletas produjo un incremento significativo en el contenido de fibra respecto a una galleta convencional a base de harina de trigo. La formulación seleccionada como óptima fue aquella con el porcentaje de sustitución que presentó la mejor aceptabilidad sensorial y alcanzó un contenido promedio de 4 % de fibra, valor superior al que suele presentar una galleta estándar comercial. Por otro lado, Thakur y Saxena (2016) en su investigación de galletas enriquecidas con fibra mediante la incorporación de polvo de cáscara de naranja señalan que cuya incorporación provocó un incremento significativo en el contenido de fibra dietética total de las galletas. La formulación control presentó únicamente 2.73 % de fibra, mientras que al sustituir el 5 % de la harina por cáscara de naranja la fibra aumentó a 7.21 %. Este valor continuó elevándose conforme se incrementó el nivel de sustitución, alcanzando un máximo de 13.6 % de fibra con 20 % de cáscara incorporada. De manera complementaria, también se observó un aumento conjunto de la fibra insoluble y soluble, lo que confirma que la cáscara de naranja actúa como

un componente altamente fibroso que eleva de forma directa el aporte nutricional del producto final. Estos resultados evidencian que el uso del subproducto permite transformar la galleta convencional en una formulación enriquecida con fibra en proporciones crecientes según el nivel de adición. Estos hallazgos concuerdan con el estudio llevado a cabo por Okpala y Akpu (2013), donde se observó que la sustitución parcial de harina de trigo con harina de cáscara de naranja en la elaboración de pan incrementa notablemente el contenido de fibra del producto: mientras que el pan de control tenía un contenido de fibra bajo, las versiones con harina de cáscara de naranja alcanzaron hasta 5.8 % de fibra al usar 9 % de sustitución.

– **Análisis de varianza de la fibra de las galletas**

Tabla 33

Análisis de varianza de la fibra

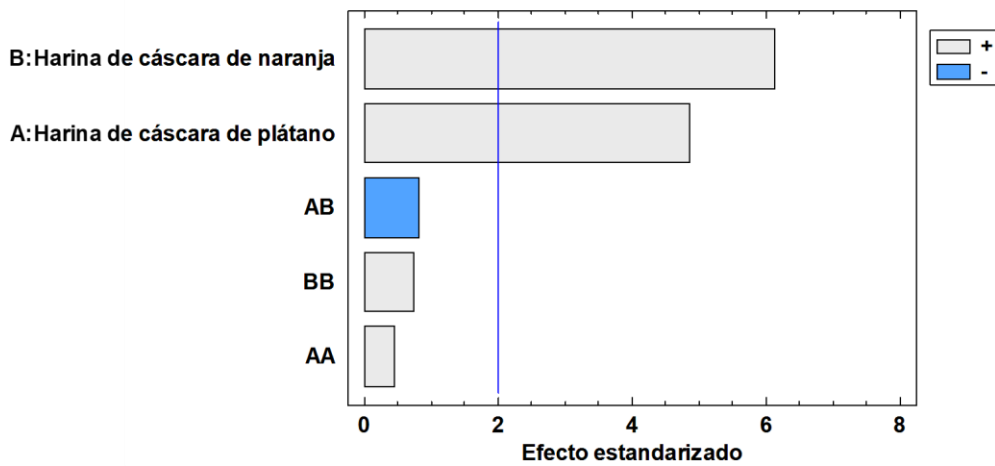
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
A: Harina de cáscara de plátano	22.2593	1	22.2593	23.73	0.0000
B: Harina de cáscara de naranja	35.1431	1	35.1431	37.47	0.0000
AA	0.201859	1	0.201859	0.22	0.6442
AB	0.630041	1	0.630041	0.67	0.4154
BB	0.513612	1	0.513612	0.55	0.4619
Error total	61.9075	66	0.937993		
Total (corr.)	263.223	71			

Nota: Valores al 95% de confianza

La tabla ANOVA evalúa la variabilidad de la fibra de las galletas para cada uno de los efectos analizados, determinando su significancia estadística al comparar el cuadrado medio de cada factor con el error experimental. Los resultados muestran que dos efectos (harina de cáscara de plátano y harina de cáscara de naranja) presentan valores $p < 0.05$, lo que indica diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) señala que el modelo explica el 76.48% de la variabilidad observada en la fibra, mientras que el R^2 ajustado alcanza un 74.70%, evidenciando un buen ajuste del modelo y una influencia significativa de las harinas empleadas sobre el contenido de fibra de las galletas.

Figura 18

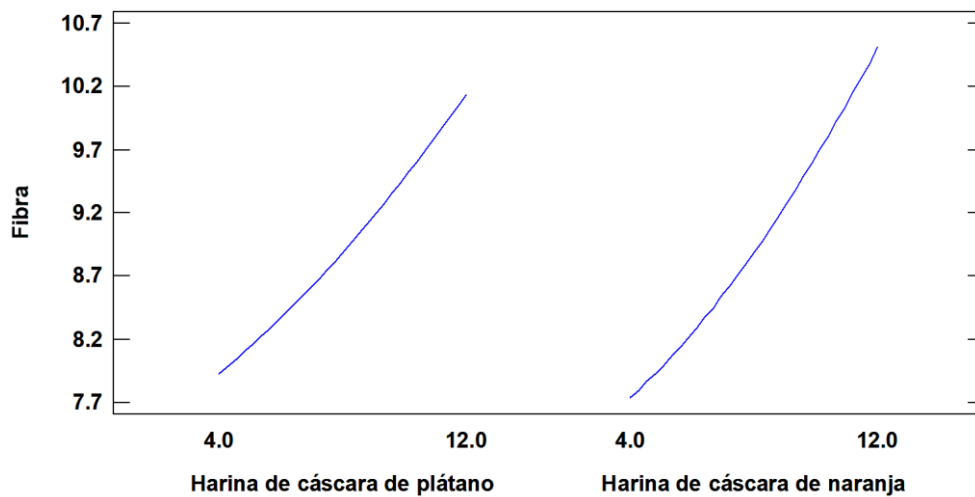
Diagrama de Pareto de la fibra



El mayor efecto sobre el contenido de fibra corresponde a B: Harina de cáscara de naranja, seguido de A: Harina de cáscara de plátano, que también presenta un impacto significativo. Los efectos menores corresponden a AB, BB y AA, que muestran valores reducidos de efecto estandarizado.

Figura 19

Gráfica de Efectos Principales de la fibra



El contenido de fibra aumenta de manera constante conforme se incrementa la cantidad de ambas harinas. La harina de cáscara de plátano muestra un crecimiento gradual en los valores de fibra, mientras que la harina de cáscara de naranja presenta un aumento mucho más pronunciado en niveles altos. Así, la gráfica evidencia que, aunque ambas harinas aportan fibra, la cáscara de naranja es la que contribuye de forma dominante al incremento total.

– **Análisis de regresión de la fibra de las galletas**

Tabla 34

Análisis de regresión de la fibra

Coefficiente	Estimado
constante	3.87481
A: Harina de cáscara de plátano	0.323426
B: Harina de cáscara de naranja	0.30676
AA	0.00918934
AB	-0.0242884
BB	0.0146581

El análisis de regresión realizado indica que la ecuación del modelo ajustado es:

$$Fibra = 3.87 + 0.32A + 0.31B + 0.009 * A^2 - 0.024 * A * B + 0.014 * B^2$$

La ecuación obtenida corresponde a un modelo matemático que permite estimar la fibra de las galletas en relación a las variables; A: harina de cascara de plátano y B: harina de cascara de naranja. Este modelo permitió obtener los gráficos de superficie de respuesta y contorno que se muestran a continuación.

Figura 20

Gráfica de Superficie de Respuesta de la fibra

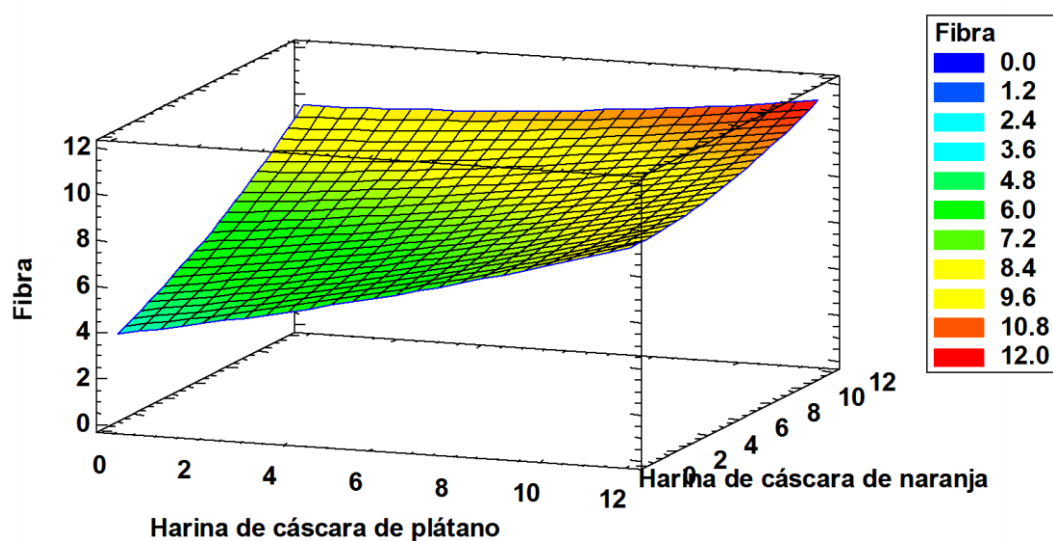
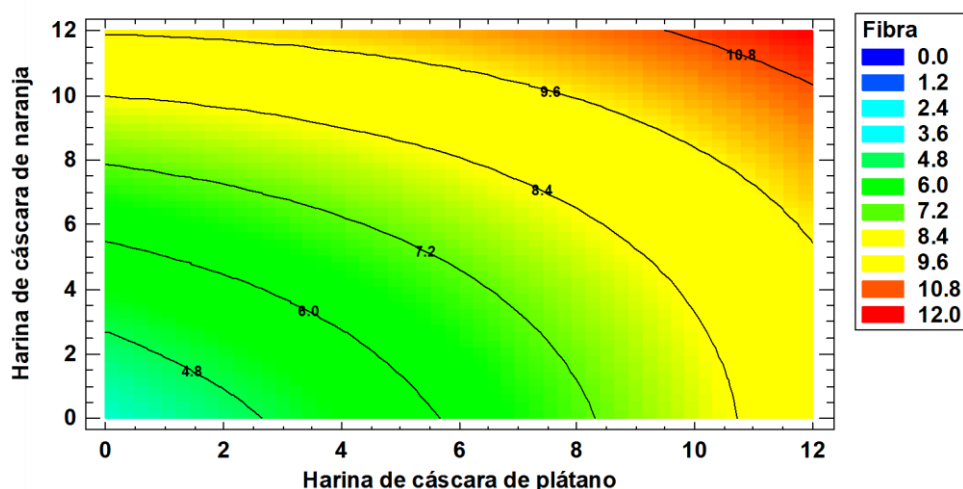


Figura 21

Gráfica de Contornos de la fibra



Las gráficas muestran el incremento de fibra en función de la cantidad de harinas de cáscara de plátano y naranja. En general, se observa una tendencia ascendente a medida que se elevan los porcentajes de ambas harinas. La superficie de respuesta indica que las mayores concentraciones de fibra aparecen en zonas donde se combinan niveles altos de plátano y naranja. El gráfico de contornos confirma este comportamiento, mostrando un gradiente continuo que incrementa la fibra hacia la esquina de mayor incorporación. En conjunto, las figuras muestran que las harinas actúan como una fuente directa de aumento en el contenido de fibra.

– **Optimización de la fibra de las galletas**

Elegimos F8 debido a ser el valor más alto y que cumple nuestra hipótesis en el rango propuesto.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Harina de cáscara de plátano	4.0	12.0	12.0
Harina de cáscara de naranja	4.0	12.0	12.0

4.2.4. Polifenoles totales

En la siguiente tabla se presentan los valores de polifenoles obtenidos mediante el método Folin-Ciocalteu, expresados en mg GAE/100g, incluyendo la formulación control (F0).

Tabla 35

Resultados de polifenoles totales de las formulaciones de galleta

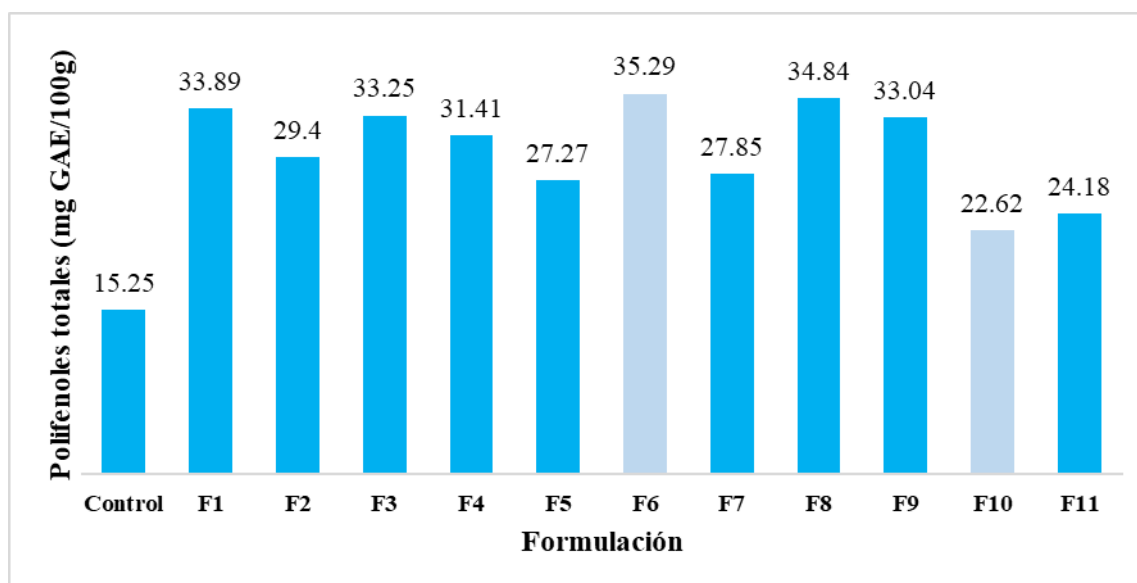
Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Polifenoles totales (mg GAE/100g)
F0	0	0	15.25 ± 0.58
F1	6	6	33.89 ± 3.17
F2	10	6	29.40 ± 1.81
F3	6	10	33.25 ± 1.57
F4	10	10	31.41 ± 3.29
F5	4	8	27.27 ± 1.02
F6	12	8	35.29 ± 1.33
F7	8	4	27.85 ± 0.13
F8	8	12	34.84 ± 0.33
F9	8	8	33.04 ± 1.34
F10	8	8	22.62 ± 0.97
F11	8	8	24.18 ± 1.62

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

La tabla 35 evidencia los resultados de polifenoles totales (mg GAE/100 g) obtenidos en los diferentes tratamientos de galletas enriquecidas con harina de cáscara de plátano y harina de cáscara de naranja. El contenido fenólico varió entre 22.62 mg GAE/100 g (F10) y 35.29 mg GAE/100 g (F6), siendo la formulación F10 el que evidencia el valor más bajo, mientras que la formulación F6 evidencia el valor más alto.

Figura 22

Valores de los polifenoles totales por formulación



La figura 22 muestra los niveles de polifenoles totales obtenidos para las once formulaciones evaluadas, evidenciándose que la galleta control presenta un contenido considerablemente inferior en comparación con las demás.

Según Akhter et al. (2024) en su estudio sobre el enriquecimiento del pan de trigo con polvo de cáscara de plátano la incorporación de este como sustituto parcial de la harina de trigo generó un incremento significativo en el contenido total de fenoles del pan enriquecido. Este comportamiento fue proporcional al nivel de sustitución: a mayor cantidad de polvo de cáscara de plátano añadida, mayor fue el contenido de fenoles registrado en las muestras, con valores que fluctuaron entre 28,46 y 42,38 mg GAE/100 g. Esta evolución ascendente coincide con los resultados reportados por Ertosun et al. (2024) y Oyinloye et al. (2023) quienes también observaron incrementos en los compuestos fenólicos al enriquecer pan con ingredientes de origen vegetal. En el trabajo de investigación de Mahmoud et al. (2017) sobre galletas elaboradas con sustituciones de harina de trigo por polvo de cáscara de naranja en porcentajes que oscilaron entre 5% y 20%, se obtuvieron valores de polifenoles considerablemente más altos en comparación con la muestra estándar. El control presentó 10.64 mg GAE/100 g, mientras que las formulaciones enriquecidas mostraron un incremento progresivo, con valores que fueron desde 17.15 mg GAE/100 g hasta 41.21 mg GAE/100 g que representó el valor más alto registrado en el estudio.

– **Análisis de varianza de los polifenoles totales de las galletas**

Tabla 36

Análisis de varianza de los de polifenoles totales

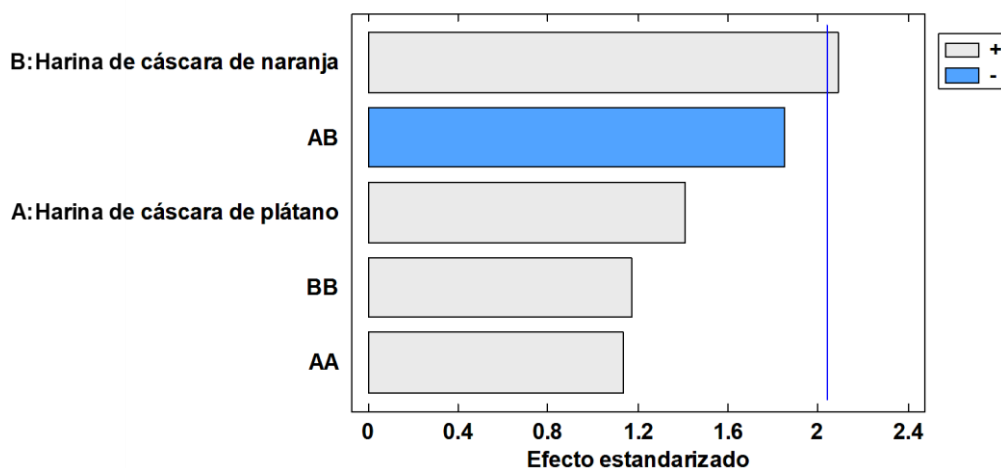
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
A: Harina de cáscara de plátano	34.7176	1	34.7176	1.99	0.1682
B: Harina de cáscara de naranja	76.1161	1	76.1161	4.37	0.0451
AA	22.4677	1	22.4677	1.29	0.2649
AB	59.6701	1	59.6701	3.43	0.0740
BB	23.7838	1	23.7838	1.37	0.2517
Error total	522.269	30	17.409		
Total (corr.)	1255.66	35			

Nota: Valores al 95% de confianza

La tabla ANOVA evalúa la variabilidad de los polifenoles de las galletas para cada uno de los efectos analizados, determinando su significancia estadística al comparar el cuadrado medio de cada factor con el error experimental. Los resultados muestran que un efecto (harina de cáscara de naranja) presenta un valor $p < 0.05$, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%. Además, el coeficiente de determinación (R^2) señala que el modelo explica el 58.41% de la variabilidad observada en el contenido de polifenoles, mientras que el R^2 ajustado alcanza un 51.47%, lo que refleja un ajuste moderado del modelo y evidencia que la harina de cáscara de naranja influye significativamente.

Figura 23

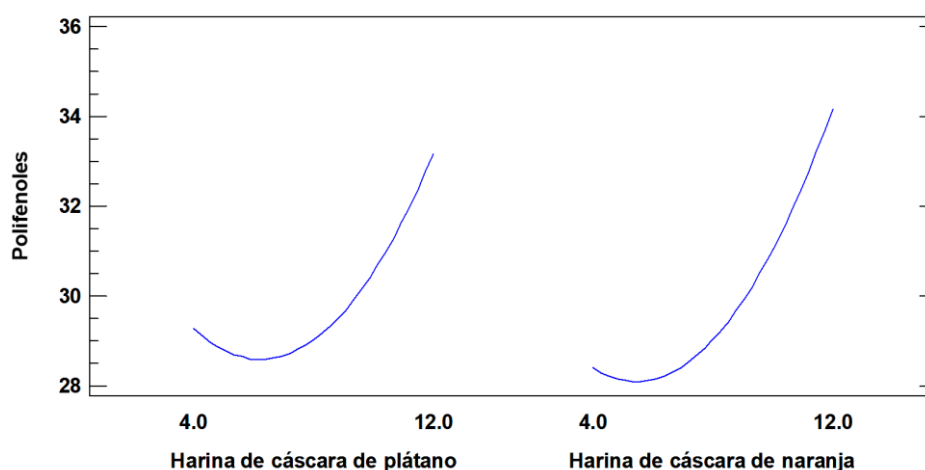
Diagrama de Pareto de los polifenoles totales



El efecto más alto corresponde a B: Harina de cáscara de naranja, seguido de AB, que también influye significativamente. En tercer lugar, aparece A: Harina de cáscara de plátano. Finalmente, los efectos más pequeños son los de BB y AA, que muestran contribuciones menores sobre el contenido total de polifenoles.

Figura 24

Gráfica de Efectos Principales de los polifenoles totales



Los polifenoles totales muestran una tendencia descendente en niveles bajos seguida de un aumento marcado conforme se incrementa la cantidad de harina. En la harina de cáscara de plátano, los valores caen ligeramente al inicio y luego se elevan al final. La harina de cáscara de naranja presenta el mismo comportamiento, pero con un incremento mucho más notable en los niveles altos. Esto indica que esta última es la principal responsable de elevar el contenido de polifenoles en la formulación.

– **Análisis de regresión de los polifenoles totales de las galletas**

Tabla 37

Análisis de regresión de los polifenoles totales

Coefficiente	Estimado
constante	15.743
A: Harina de cáscara de plátano	0.968263
B: Harina de cáscara de naranja	1.13937
AA	0.137105
AB	-0.334278
BB	0.141064

El análisis de regresión realizado indica que la ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Polifenoles} = 15.74 + 0.96A + 1.13B + 0.13A^2 - 0.33 * A * B + 0.14 * B^2$$

La ecuación obtenida corresponde a un modelo matemático que permite estimar los polifenoles de las galletas en relación a las variables; A: harina de cascara de plátano y B: harina de cascara de naranja. Este modelo permitió obtener los gráficos de superficie de respuesta y contorno que se muestran a continuación.

Figura 25

Gráfica de Superficie de Respuesta de los polifenoles totales

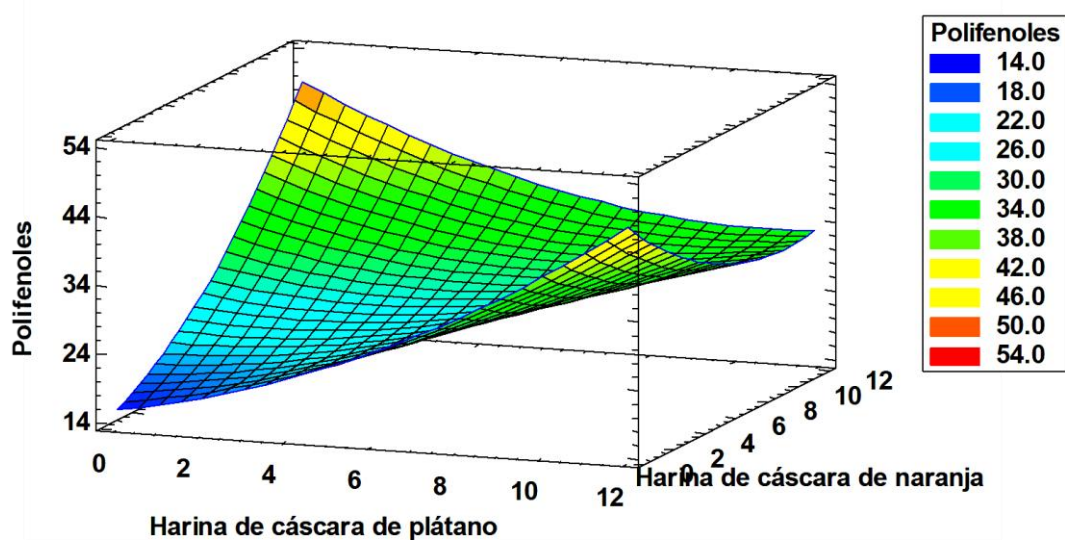
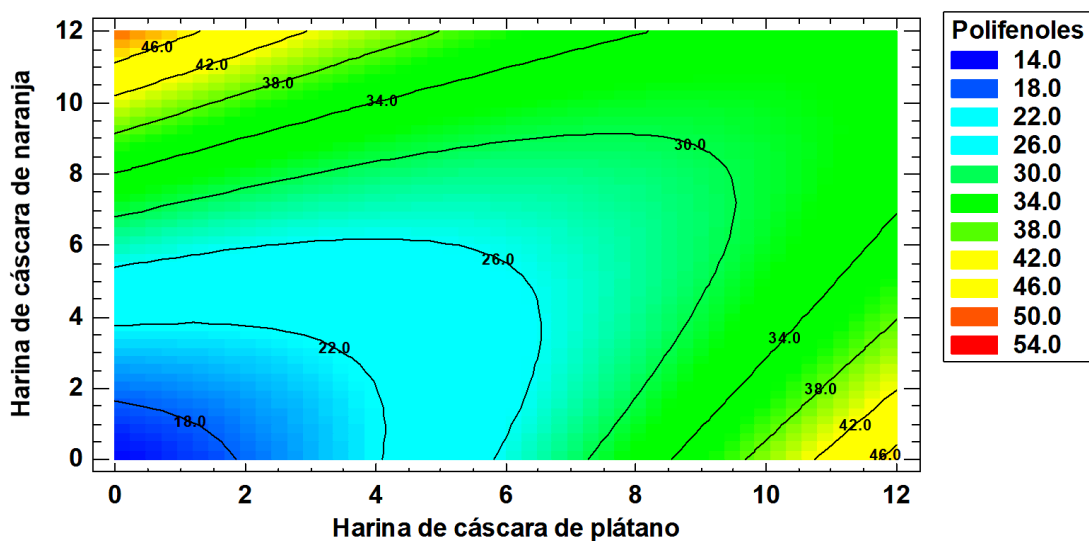


Figura 26

Gráfica de Contornos de los polifenoles totales



Las gráficas muestran la variación de los polifenoles totales con respecto a los niveles de harinas de cáscara. En general, se observa que el contenido de polifenoles aumenta conforme se incrementan los porcentajes de cáscaras. La superficie de respuesta indica valores más altos en las zonas donde la adición de harinas es mayor. El gráfico de contornos confirma esta tendencia, evidenciando un patrón ascendente continuo hacia regiones de mayor incorporación. En conjunto, las figuras muestran que la adición de harinas contribuye a un aumento notable de los compuestos fenólicos.

– **Optimización de los polifenoles totales de las galletas**

Elegimos F6 debido a ser el valor más alto y que más se acerca a nuestra hipótesis en el rango propuesto.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Harina de cáscara de plátano	4.0	12.0	4.0
Harina de cáscara de naranja	4.0	12.0	12.0

4.2.5. Capacidad antioxidante

En la siguiente tabla se presentan los valores de capacidad antioxidante obtenidos mediante el método DPPH, expresados en uMol Trolox/100g, incluyendo la formulación control (F0).

Tabla 38

Resultados de la capacidad antioxidante de las formulaciones de galleta

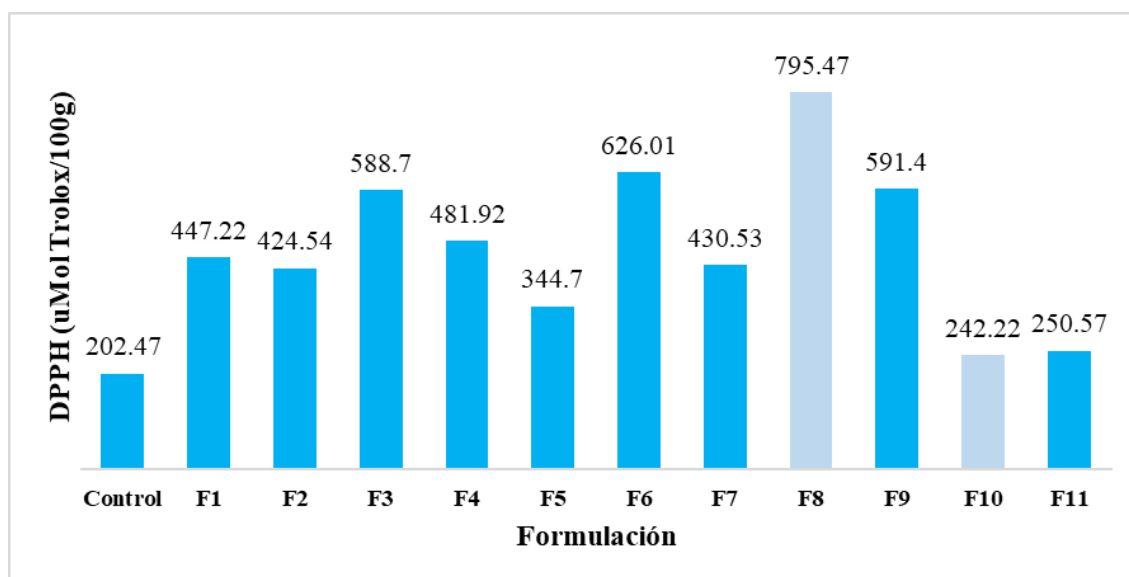
Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Actividad antioxidante (uMol Trolox/100g)
F0	0	0	202.47 ± 8.26
F1	6	6	447.22 ± 8.26
F2	10	6	424.54 ± 12.49
F3	6	10	588.70 ± 8.27
F4	10	10	481.92 ± 8.15
F5	4	8	344.70 ± 62.85
F6	12	8	626.01 ± 4.18
F7	8	4	430.53 ± 4.11
F8	8	12	795.47 ± 32.93
F9	8	8	295.70 ± 2.11
F10	8	8	242.22 ± 32.89
F11	8	8	250.57 ± 16.61

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 3).

En la tabla 38 se evidencian los valores de capacidad antioxidante por DPPH (uMol Trolox/100g) correspondientes a los once tratamientos de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de naranja y plátano. El contenido capacidad antioxidante varió entre 242.22 uMol Trolox/100g (F10) y 795.47 uMol Trolox/100g (F8), siendo la formulación F10 el que muestra el valor más bajo, mientras que la formulación F8 evidencia el valor más alto.

Figura 27

Valores de la capacidad antioxidante por formulación



La figura 27 evidencia los resultados de capacidad antioxidante de los once tratamientos incluyendo la galleta control, la cual mostró un valor significativamente menor en comparación con las formulaciones establecidas.

Según Caponio et al. (2024) en su investigación sobre “Caracterización nutricional, antioxidante y biológica de la harina de cáscara de naranja para la elaboración de muffins sin gluten” demuestra que la harina de cáscara de naranja presenta una capacidad antioxidante significativamente elevada, lo que se refleja también en los muffins libres de gluten elaborados con este ingrediente donde reportan que la harina de cáscara de naranja aporta gran actividad antioxidante, destacando su contenido elevado de compuestos fenólicos y flavonoides. En el producto final, la inclusión de esta harina incrementó la capacidad antioxidante según los ensayos ABTS y DPPH, con valores de $1971 \pm 115 \mu\text{Mol Trolox}/100\text{g}$ y $1843 \pm 94 \mu\text{Mol Trolox}/100\text{g}$. Estos resultados confirman que la cáscara de naranja actúa como un ingrediente funcional capaz de mejorar el perfil antioxidante del alimento, apoyando su uso en formulaciones de panificados y pastelería con valor nutracéutico.

Po otro lado Mahloko et al. (2019), en su estudio analizó la incorporación de harinas de cáscara de plátano y tuna en la elaboración de galletas de trigo, evaluando sus efectos sobre la capacidad antioxidante del producto final. La adición de estas harinas incrementó significativamente el contenido total de los valores de DPPH,

estos variaron de 3.29 a 30.0% en las harinas y de 8.12 a 9.69% en las galletas, lo que se traduce en una mejora considerable de la capacidad antioxidante.

– **Análisis de varianza de la capacidad antioxidante de las galletas**

Tabla 39

Análisis de varianza de la capacidad antioxidante

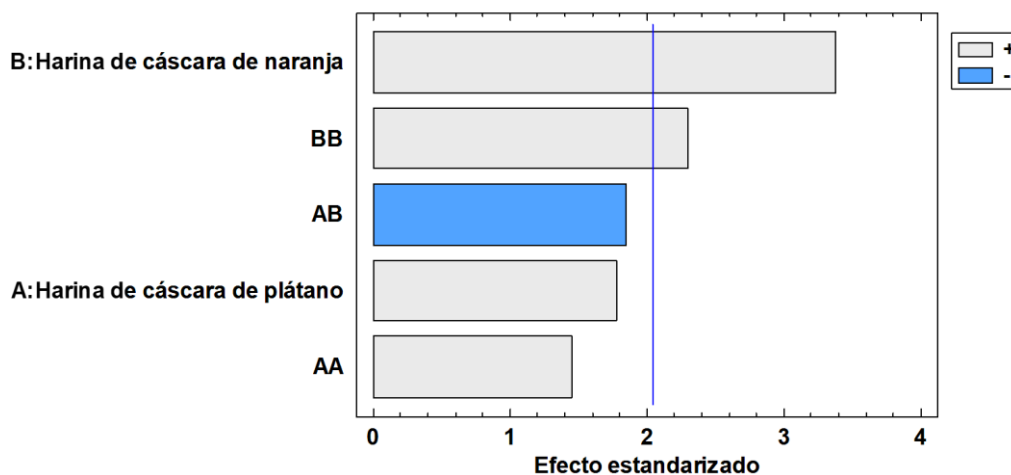
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Harina de cáscara de plátano	51602.1	1	51602.1	3.15	0.0863
B: Harina de cáscara de naranja	186936.	1	186936.	11.39	0.0021
AA	34441.5	1	34441.5	2.10	0.1577
AB	56103.8	1	56103.8	3.42	0.0743
BB	86359.7	1	86359.7	5.26	0.0289
Error total	492204.	30	16406.8		
Total (corr.)	1.01317E6	35			

Nota: Valores al 95% de confianza

La tabla ANOVA evalúa la variabilidad de la capacidad antioxidante en función de los diferentes efectos analizados, determinando su significancia estadística al comparar el cuadrado medio de cada factor con el error experimental. En este caso, dos efectos (B: harina de cáscara de naranja y la interacción BB) presentan valores de p menores a 0.05, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%. El coeficiente de determinación (R^2) muestra que el modelo explica el 51.42% de la variabilidad observada en la capacidad antioxidante, mientras que el R^2 ajustado alcanza un 43.32%, lo que refleja un ajuste moderado del modelo y evidencia que la harina de cáscara de naranja tiene un efecto importante sobre la capacidad antioxidante.

Figura 28

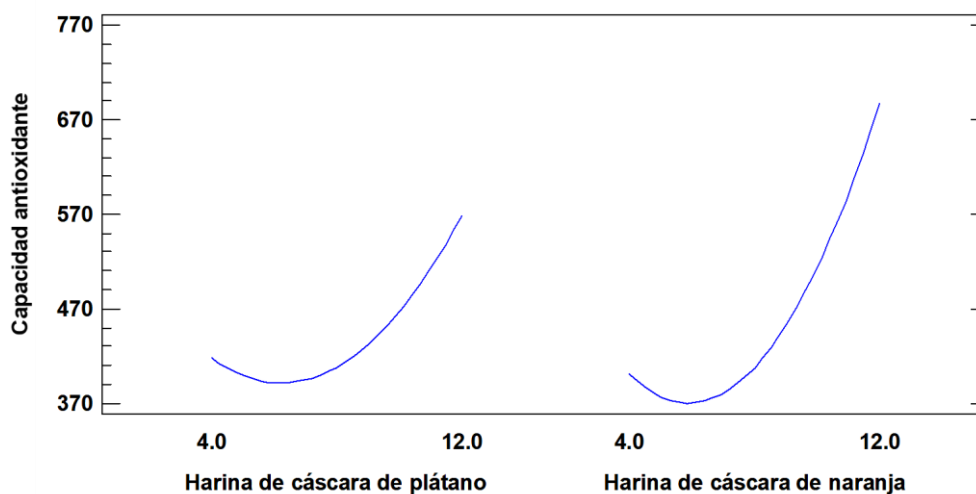
Diagrama de Pareto de la capacidad antioxidante



El mayor efecto sobre la capacidad antioxidante lo presenta B: Harina de cáscara de naranja, seguido por BB, que también aporta un impacto notable. Luego se observa el efecto de AB y de A: Harina de cáscara de plátano, con contribuciones menores. El efecto más bajo corresponde a AA.

Figura 29

Gráfica de Efectos Principales de la capacidad antioxidante



La capacidad antioxidante presenta una curva descendente al inicio y luego asciende considerablemente. Ambas harinas reducen ligeramente la actividad antioxidante en niveles bajos y la incrementan cuando se añaden en mayor cantidad, siendo más notable el efecto de la harina de cáscara de naranja.

– **Análisis de regresión de la capacidad antioxidante de las galletas**

Tabla 40

Análisis de regresión de la capacidad antioxidante

Coefficiente	Estimado
constante	202.511
A: Harina de cáscara de plátano	14.915
B: Harina de cáscara de naranja	-18.2144
AA	5.36804
AB	-10.25
BB	8.50023

El análisis de regresión realizado indica que la ecuación del modelo ajustado es:

$$C.A. = 202.51 + 14.91A - 18.21B + 5.36 * A^2 - 10.25 * A * B + 8.50 * B^2$$

La ecuación obtenida corresponde a un modelo matemático que permite estimar la capacidad antioxidante de las galletas en relación a las variables; A: harina de cascara de plátano y B: harina de cascara de naranja. Este modelo permitió obtener los gráficos de superficie de respuesta y contorno que se muestran a continuación.

Figura 30

Gráfica de Superficie de Respuesta de la capacidad antioxidante

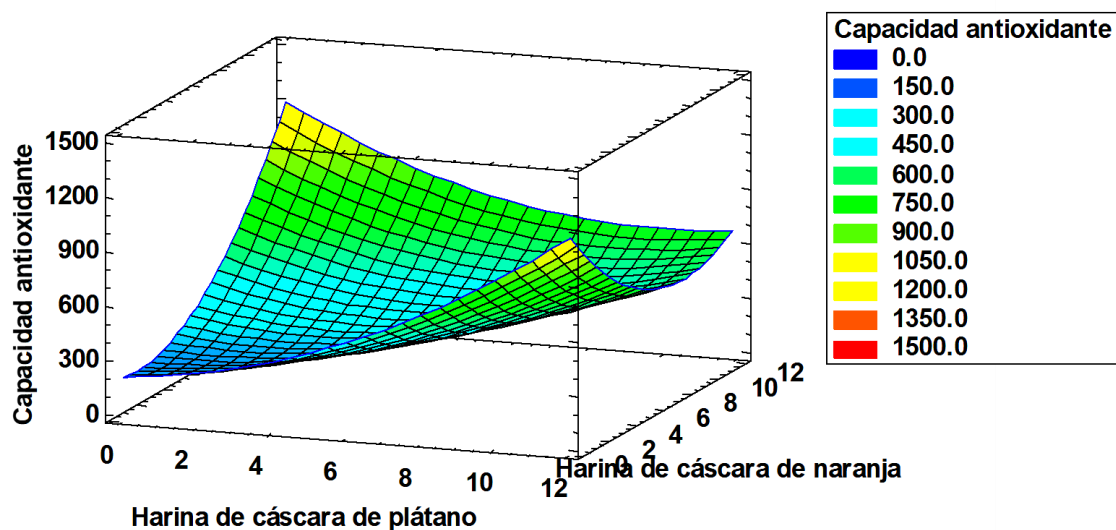
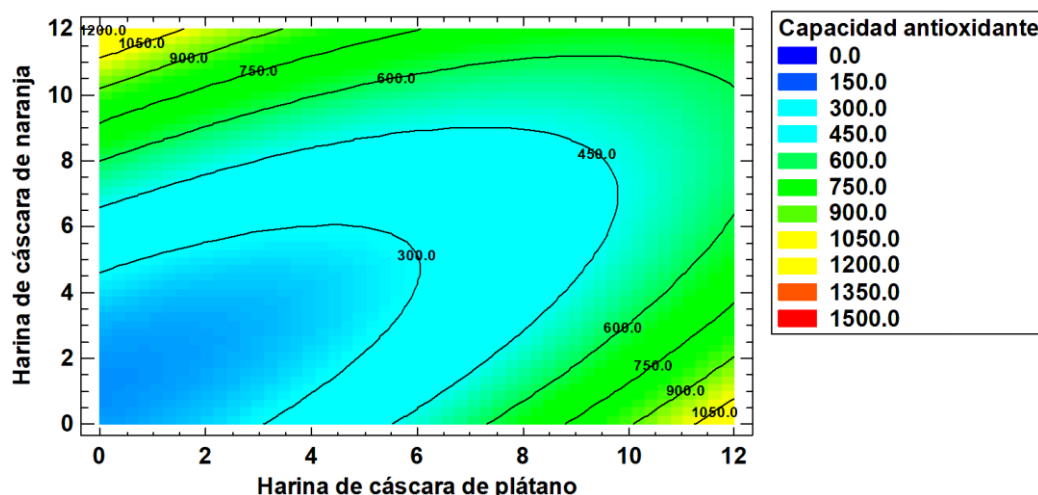


Figura 31

Gráfica de Contornos de la capacidad antioxidante



Las gráficas muestran el efecto de las harinas de cáscara de plátano y naranja sobre la capacidad antioxidante. En general, se observa un incremento marcado de la actividad antioxidante cuando aumentan los niveles de ambas harinas. La superficie de respuesta indica valores considerablemente superiores en zonas con mayor aporte de cáscara, especialmente de naranja. El gráfico de contornos confirma este comportamiento, revelando áreas de intensa actividad antioxidante en las formulaciones con mayor adición de cáscaras. En conjunto, las figuras muestran que las harinas enriquecen significativamente la capacidad antioxidante del producto.

– **Optimización de la capacidad antioxidante de las galletas**

Elegimos F8 debido a ser el valor más alto, supera nuestra hipótesis en el rango propuesto.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Harina de cáscara de plátano	4.0	12.0	4.0
Harina de cáscara de naranja	4.0	12.0	12.0

4.2.6. Análisis sensorial

4.2.6.1. Evaluación del color

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial correspondiente al atributo color, el cual fue evaluado por los panelistas con el fin de determinar las diferencias entre las distintas formulaciones analizadas.

Tabla 41

Resultados de la evaluación sensorial del color

Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Color
F0	0	0	6.17 ± 1.09
F1	6	6	4.61 ± 0.95
F2	10	6	4.27 ± 1.23
F3	6	10	4.54 ± 1.07
F4	10	10	4.41 ± 1.26
F5	4	8	5.07 ± 1.17
F6	12	8	4.32 ± 1.33
F7	8	4	4.71 ± 1.27
F8	8	12	4.61 ± 0.97
F9	8	8	4.68 ± 1.15
F10	8	8	4.29 ± 1.33
F11	8	8	4.29 ± 1.27

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 50).

Los resultados de la evaluación del color muestran que la formulación F0 obtuvo la mayor aceptación con 6.17 puntos, destacando claramente sobre el resto. Las demás formulaciones presentan valores más agrupados entre 4.27 y 5.07, lo que indica una percepción visual relativamente similar; dentro de este grupo, F5 alcanzó 5.07 puntos, siendo la formulación con el valor más alto después de F0, mientras que F1, F7 y F8 también lograron puntuaciones moderadas, reflejando un impacto ligeramente más positivo en comparación con las restantes.

Basurto et al. (2025) en su investigación sobre los diversos efectos de adicionar harina de cascara de naranja para la elaboración de galleta dulce, obtuvo un

valor de aceptación de $5,29 \pm 1,49$ para el tratamiento control y adicionando 3%, 5% y 7% de harina de cascara de naranja obtuvo $5,97 \pm 0,83$, $4,81 \pm 1,59$ y $5,14 \pm 1,67$ respectivamente, siendo por defecto el tratamiento con 3% de adición de harina de cascara de naranja la que presento mayor aceptabilidad. De igual forma Agüero et al (2022) en su trabajo, incorporando harinas no convencionales derivadas de frutas (naranja, piña y mango) en un producto de panificación, evidencio que al evaluar el color con una escala de evaluación sensorial de nueve puntos y al sustituir harina de trigo en concentraciones de 5% presento una mejor aceptabilidad con puntuaciones de 8 puntos. Lozano, (2020), evaluando los efectos de la calidad sensorial de galletas enriquecidas con harina de cascara de naranja, y mediante una escala de evaluación sensorial de 0-6 puntos, siendo 0 baja aceptabilidad y 6 el valor máximo para aceptabilidad presento una mejor favorabilidad en cuanto al color, al adicionar un porcentaje de 5% y 10% de harina de cáscara de naranja.

Falla y Ramon, (2018) presentaron resultados similares al evaluar sensorialmente galletas con distintas proporciones de harina de cascara de plátano (5%, 10%, 15%, 20% y 25%), obteniendo valores de aceptabilidad entre $2,8 \pm 1,196$ y $4,35 \pm 0,587$, siendo la galleta con una sustitución parcial del 5% de harina de cascara de plátano la que obtuvo mejor preferencia. Aravind et al. (2025), al evaluar sensorialmente galletas parcialmente sustituida con harina de la cáscara de plátano rojo (*Musa acuminata*) según una escala hedónica de 7 puntos, donde 1 representa un rechazo extremo y 7 un agrado extremo. Los datos de la apariencia (color) expresaron una diferencia estadísticamente significativa para las galletas con un rango de puntuación sensorial de 6.68–4.91 en comparación con la galleta control control (6.17). La preferencia fue mayor para el 5% y el 10%, con una puntuación promedio de 6.68 y 6.63, respectivamente, pero para las galletas con 20% de harina de cascara de plátano rojo, se observó que se prefería menos en términos de apariencia-color (4.91). Esto demostró que aumentar la composición de la harina en las galletas hace que el color sea más oscuro y, por lo tanto, reduce la preferencia sensorial.

– **Análisis de varianza del color**

Tabla 42

Análisis de varianza del color sensorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Formulación	134.405	11	12.2186	14.36	0.0000
B: Panelistas	329.902	49	6.73269	7.91	0.0000
Residuos	458.678	539	0.85098		
Total (corregido)	922.985	599			

Nota: Valores al 95% de confianza

Los resultados presentados en la tabla indican que tanto el factor Formulación como el factor Panelistas tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) correspondiente al color de las galletas. Esto sugiere que las diferentes formulaciones generaron variaciones perceptibles en el color, y que las apreciaciones de los panelistas no fueron uniformes, reflejando diferencias individuales en su percepción sensorial.

Tabla 43

Contrastes múltiples entre formulaciones para el color sensorial

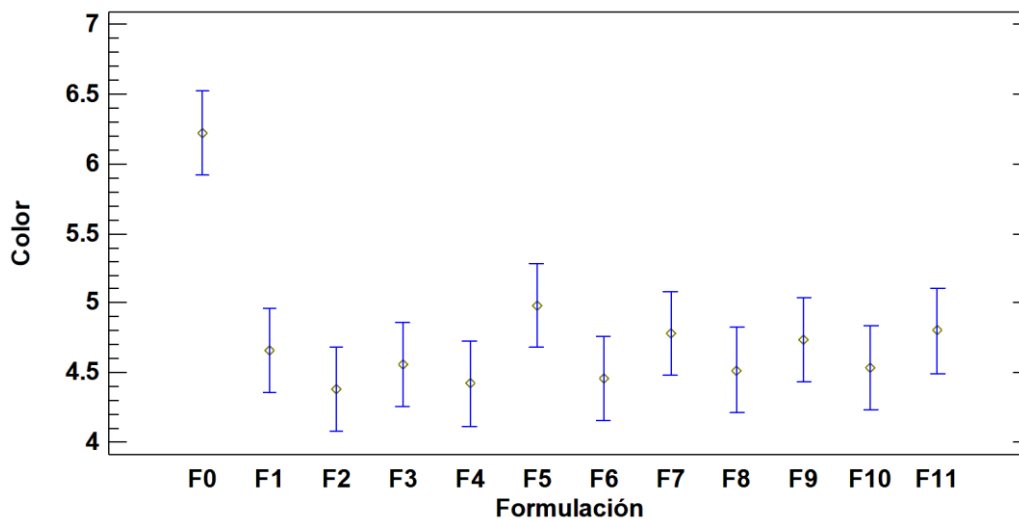
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F0 - F1	*	1.56	0.60559
F0 - F2	*	1.84	0.60559
F0 - F3	*	1.66	0.60559
F0 - F4	*	1.80	0.60559
F0 - F5	*	1.24	0.60559
F0 - F6	*	1.76	0.60559
F0 - F7	*	1.44	0.60559
F0 - F8	*	1.70	0.60559
F0 - F9	*	1.48	0.60559
F0 - F10	*	1.68	0.60559
F0 - F11	*	1.42	0.60559

* indica una diferencia significativa.

Según los resultados obtenidos en los contrastes múltiples para el color sensorial, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre varias formulaciones, principalmente entre F0, F1, F2 y F3. Estas diferencias evidencian que los cambios en la composición de las galletas influyeron de manera notable en la tonalidad y apariencia visual del producto, siendo las formulaciones F5 y F7 las que mostraron una mayor variación en la percepción del color.

Figura 32

Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% del Color Sensorial



En el atributo color, la formulación F0 presenta el puntaje más alto y se posiciona como la de mayor aceptación visual, mientras que entre las demás formulaciones los valores se mantienen cercanos entre sí, mostrando una percepción homogénea; aun así, se observa que F6 y F11 alcanzan ligeros incrementos respecto al resto, lo que indica que estas formulaciones generan un impacto visual ligeramente más favorable dentro del grupo que no alcanza el nivel de la formulación base.

4.2.6.2. Evaluación del olor

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial correspondiente al atributo olor, el cual fue evaluado por los panelistas con el fin de determinar las diferencias entre las distintas formulaciones analizadas.

Tabla 44

Resultados de la evaluación sensorial del olor

Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Olor
F0	0	0	5.71 ± 1.12
F1	6	6	4.90 ± 1.04
F2	10	6	4.76 ± 1.04
F3	6	10	4.71 ± 1.10
F4	10	10	4.46 ± 1.23
F5	4	8	4.73 ± 1.00
F6	12	8	4.78 ± 1.15
F7	8	4	4.90 ± 1.04
F8	8	12	5.00 ± 0.87
F9	8	8	4.76 ± 1.20
F10	8	8	4.51 ± 1.25
F11	8	8	4.51 ± 1.25

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 50).

Los resultados de la evaluación del olor muestran que la formulación F0 obtuvo la mayor aceptación con 5.71 puntos, destacando claramente sobre el resto. Las demás formulaciones presentan valores más agrupados entre 4.46 y 5.00, lo que indica una percepción aromática relativamente similar; dentro de este grupo, F8 alcanzó 5.00 puntos, siendo la formulación con el valor más alto después de F0, mientras que F1 y F7 también lograron puntuaciones moderadas, reflejando un impacto ligeramente más positivo en comparación con las restantes.

Por su parte Basurto et al. (2025), al adicionar 3%, 5% y 7% de harina de cascara de naranja en la elaboración de galletas, mostro que la evaluación sensorial del atributo olor en las galletas formuladas con tres niveles de harina de cáscara de

naranja evidenció la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T1 (3%) alcanzó la mayor puntuación de aceptación, con un valor promedio de $6,01 \pm 0,88$, mientras que los demás tratamientos presentaron menores niveles de aceptabilidad. Estos resultados sugieren que el aumento en la proporción de harina de cáscara de naranja no generó cambios significativos en el atributo olor en relación con el tratamiento control ($5,11 \pm 1,19$). Paucar, (2014), presento resultados similares al elaborar galletas con harina de trigo y bagazo de naranja Valencia (*Citrus sinensis* L), se elaboraron las galletas sustituyendo con harina de cascara de naranja en concentraciones de T1 (5 %), T2 (10 %) y T3 (15 %), además el horneado se realizó a 170 °C por 10 minutos y mediante una escala hedónica de 1 a 5, siendo 1 el valor bajo o menos preferido y 5 el más aceptado. Se obtuvo valores en un rango de 3,267 a 3,667, siendo el mayor valor obtenido de preferencia para una concentración de 15% de sustitución de harina de cascara de naranja. De igual forma, Teke et al. (2023), en su estudio de formulación de galletas saludables incorporadas con polvo de cáscara de naranja en concentraciones de (0,5 g, 1 g, 1,5 g, 2 g, 2,5 g, 3 g, 3,5 g, 4 g) y polvo de hoja de Moringa oleífera (0,5 g, 1 g, 1,5 g, 2 g, 2,5 g, 3 g, 3,5 g, 4 g) y al realizar el análisis sensorial (olor) obtuvieron valores en un rango de 7.0 a 8.5 puntos siendo los más aceptados el tratamiento control y al adicionar 1.0 gr de harina de cascara de naranja con 8.5 y 8.4 respectivamente.

Quispe (2016) en su investigación de galletas dulces funcionales con harina de trigo, plátano, semillas de ajonjolí y pulpa de guanábana, formulando 9 concentraciones de harina de plátano (concentraciones variables entre 5 y 25%), realizo el análisis sensorial correspondiente a las galletas dulces, obteniendo para el parámetro de olor en una escala Hedónica de 9 puntos, valores en un rango de 5.70 - 6.90, siendo las concentraciones de 7.5% y 10% las mejores aceptadas por los panelistas con 6.90 y 6.80, mientras que los menos aceptados fueron las galletas con concentraciones de 22.5% y 25% con 5.80 y 5.70 respectivamente. Falla y Ramon (2018), presentaron valores inferiores a los de esta investigación en un rango de $3,9 \pm 1,071$ a $4,15 \pm 0,813$ para el parámetro de olor, siendo 4.15 el mayor parámetro de aceptabilidad por parte de los panelistas con una adición de 10% de harina de cascara de plátano.

– **Análisis de varianza del olor**

Tabla 45

Análisis de varianza del olor sensorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Formulación	69.8733	11	6.35212	7.97	0.0000
B: Panelistas	289.527	49	5.90871	7.41	0.0000
Residuos	429.793	539	0.79739		
Total (corregido)	789.193	599			

Nota: Valores al 95% de confianza

Los resultados presentados en la tabla indican que tanto el factor Formulación como el factor Panelistas tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) correspondiente al olor de las galletas. Esto sugiere que las diferentes formulaciones generaron variaciones perceptibles en el olor, y que las apreciaciones de los panelistas no fueron uniformes, reflejando diferencias individuales en su percepción sensorial.

Tabla 46

Contrastes múltiples entre formulaciones para el olor sensorial

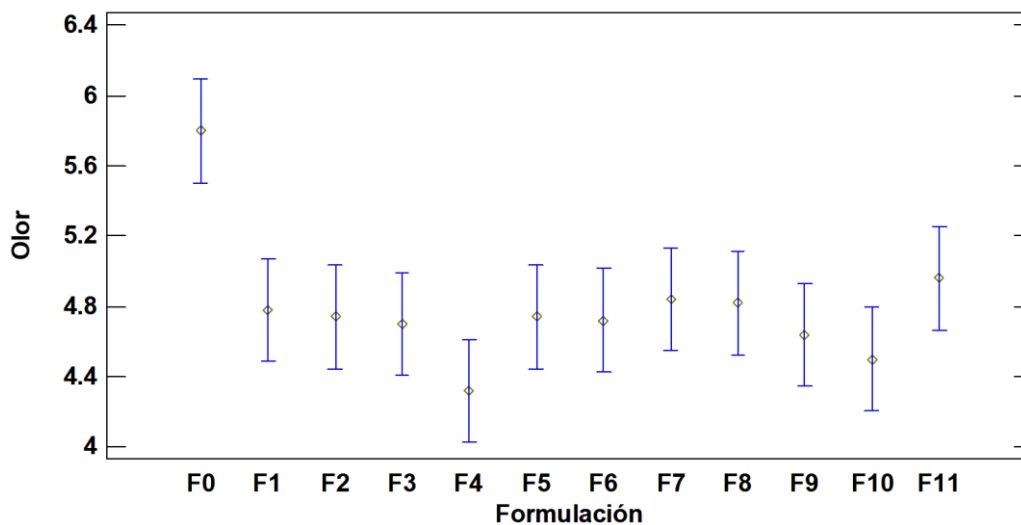
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F0 - F1	*	1.02	0.586211
F0 - F2	*	1.06	0.586211
F0 - F3	*	1.10	0.586211
F0 - F4	*	1.48	0.586211
F0 - F5	*	1.06	0.586211
F0 - F6	*	1.08	0.586211
F0 - F7	*	0.96	0.586211
F0 - F8	*	0.98	0.586211
F0 - F9	*	1.16	0.586211
F0 - F10	*	1.30	0.586211
F0 - F11	*	0.84	0.586211
F4 - F11	*	-0.64	0.586211

* indica una diferencia significativa.

Según los resultados obtenidos en los contrastes múltiples para el olor sensorial, se evidenciaron diferencias significativas entre formulaciones como F4 y F11. Estas variaciones indican que las modificaciones en los ingredientes o en su proporción afectaron directamente la intensidad y aceptación del aroma por parte de los evaluadores, destacando las formulaciones F1, F7 y F8 como las que generaron un mayor impacto en la percepción olfativa.

Figura 33

Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% del Olor Sensorial



En el atributo olor, F0 vuelve a destacar como la formulación con el puntaje más alto, reflejando una preferencia aromática marcada, mientras que entre las demás formulaciones los valores son muy cercanos entre sí, aunque F6 y F10 presentan ligeros aumentos que las posicionan con una percepción aromática marginalmente más favorable, sin llegar a superar la referencia establecida por la formulación base.

4.2.6.3. Evaluación del sabor

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial correspondiente al atributo sabor, el cual fue evaluado por los panelistas con el fin de determinar las diferencias entre las distintas formulaciones analizadas.

Tabla 47*Resultados de la evaluación sensorial del sabor*

Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Sabor
F0	0	0	5.85 ± 1.06
F1	6	6	4.68 ± 1.27
F2	10	6	4.59 ± 1.14
F3	6	10	4.22 ± 1.49
F4	10	10	4.07 ± 1.46
F5	4	8	5.07 ± 1.21
F6	12	8	4.61 ± 1.38
F7	8	4	5.37 ± 1.13
F8	8	12	4.17 ± 1.48
F9	8	8	4.73 ± 1.43
F10	8	8	4.78 ± 1.29
F11	8	8	4.80 ± 1.33

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 50).

Los resultados de la evaluación del sabor muestran que la formulación F0 obtuvo la mayor aceptación con 5.85 puntos, destacando claramente sobre el resto. Las demás formulaciones presentan valores más agrupados entre 4.07 y 5.37, lo que indica una percepción gustativa relativamente similar; dentro de este grupo, F7 alcanzó 5.37 puntos, siendo la formulación con el valor más alto después de F0, mientras que F5 también logró una puntuación moderada, reflejando un impacto ligeramente más positivo en comparación con las restantes.

Cusme et al. (2025) en su investigación sobre el efecto de la harina de cáscara de banano (*Musa Cavendish*) sobre las propiedades bromatológicas y sensoriales de galletas endulzadas con panela, cuyas concentraciones empleadas fueron 0%, 5%, 10% y 15%, obtuvo valores de 4,49±1,83 a 5,51±1,64 al realizar el análisis sensorial (Sabor), siendo el tratamiento 3 el de mayor aceptabilidad con una concentración de 15% de harina de cascara de plátano con un valor de 5.51. Espinoza (2022) al realizar el análisis sensorial de galletas elaboradas al sustituir parcialmente harina de trigo por harina de cascara de plátano en concentraciones de 0%, 10%, 15%, 20% y mediante

una escala hedónica de 1-5, obtuvo valores entre $1,25 \pm 0,494$ - $3,00 \pm 0,000$, siendo los tratamientos con 0% y 5% de harina de cascara de plátano los que presentaron una mayor aceptación con 3.00 y 2.90 respectivamente.

Cordova y Garcia (2021) en su trabajo de investigación, al elaborar galletas con harina de cascara de piña (*Ananas Comosus*) y naranja (*Citrus x sinensis*) con porcentajes de 1.90%, 3.06% y de 4.97%, y al realizar el análisis correspondiente mediante una escala hedónica de 1 a 9 puntos cuyo valores o aceptación fueron mejores a mayor puntaje, se obtuvo valores de 4.87 - 5.73, presentando la mayor preferencia por parte de los panelistas las galletas con 4.97% de harina de cascara de naranja y piña. De igual forma, Basurto et al (2025) al realizar su evaluación sensorial de galletas con porcentajes de harina de cascara de naranja de 0%, 3%, 5% y 7%, presento valores para “Sabor” en un rango de $3,78 \pm 1,83$ a $5,74 \pm 1,11$, evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 (3%) presentó la mayor preferencia por parte de los panelistas, alcanzando una puntuación promedio de 5,74, lo que indica una mejor aceptación sensorial. En contraste, los tratamientos con mayores niveles de sustitución (7%) mostraron una disminución en la aceptabilidad, lo cual podría atribuirse al incremento del sabor amargo.

– **Análisis de varianza del sabor**

Tabla 48

Análisis de varianza del sabor sensorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
Efectos principales					
A: Formulación	167.458	11	15.2235	13.57	0.0000
B: Panelistas	340.482	49	6.94861	6.20	0.0000
Residuos	604.458	539	1.12144		
Total (corregido)	1112.4	599			

Nota: Valores al 95% de confianza

Los resultados presentados en la tabla indican que tanto el factor Formulación como el factor Panelistas tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) correspondiente al sabor de las galletas. Esto sugiere que las diferentes formulaciones generaron variaciones perceptibles en el sabor, y que las apreciaciones de los panelistas no fueron uniformes, reflejando diferencias individuales en su percepción sensorial.

Tabla 49*Contrastes múltiples entre formulaciones para el sabor sensorial*

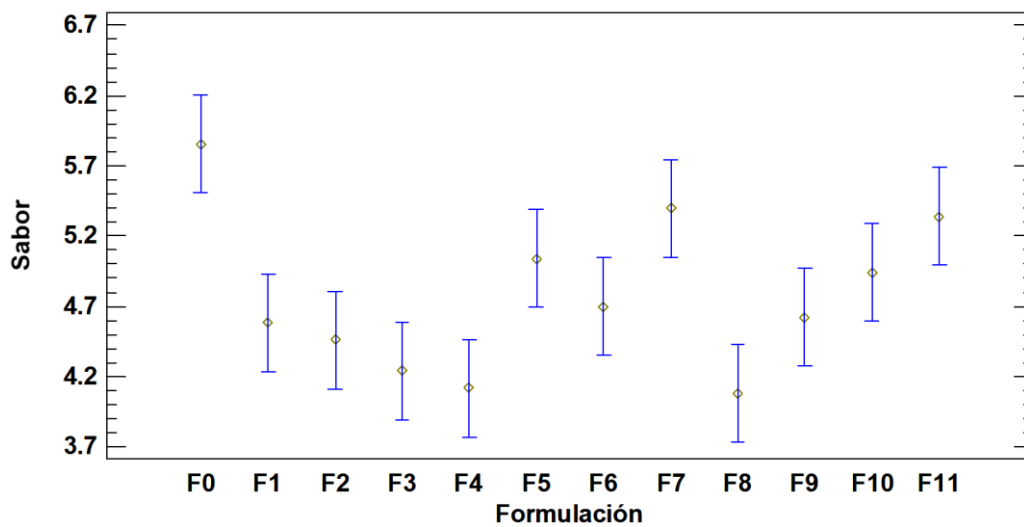
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F0 - F1	*	1.28	0.695197
F0 - F2	*	1.40	0.695197
F0 - F3	*	1.62	0.695197
F0 - F4	*	1.74	0.695197
F0 - F5	*	0.82	0.695197
F0 - F6	*	1.16	0.695197
F0 - F8	*	1.78	0.695197
F0 - F9	*	1.24	0.695197
F0 - F10	*	0.92	0.695197
F1 - F7	*	-0.82	0.695197
F1 - F11	*	-0.76	0.695197
F2 - F7	*	-0.94	0.695197
F2 - F11	*	-0.88	0.695197
F3 - F5	*	-0.80	0.695197
F3 - F7	*	-1.16	0.695197
F3 - F10	*	-0.70	0.695197
F3 - F11	*	-1.10	0.695197
F4 - F5	*	-0.92	0.695197
F4 - F7	*	-1.28	0.695197
F4 - F10	*	-0.82	0.695197
F4 - F11	*	-1.22	0.695197
F5 - F8	*	0.96	0.695197
F6 - F7	*	-0.7	0.695197
F7 - F8	*	1.32	0.695197
F7 - F9	*	0.78	0.695197
F8 - F10	*	-0.86	0.695197
F8 - F11	*	-1.26	0.695197
F9 - F11	*	-0.72	0.695197

* indica una diferencia significativa.

Según los resultados obtenidos en los contrastes múltiples para el sabor sensorial, se encontraron diferencias significativas entre diversas formulaciones, especialmente entre F7, F11, F3, F4 y F8. Estos resultados reflejan que las variaciones aplicadas en la formulación modificaron de forma perceptible la aceptación del sabor, destacando las formulaciones F5 y F7 por presentar los mayores niveles de diferencia y mejor valoración sensorial.

Figura 34

Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% del Sabor Sensorial



En la evaluación del sabor, F0 obtiene la mejor valoración y marca una diferencia clara frente a las demás, mientras que las formulaciones F6 y F10 muestran un aumento moderado en comparación con el resto, evidenciando que generan una percepción gustativa más agradable dentro del conjunto, aunque sin acercarse al nivel de preferencia que presenta la formulación inicial.

4.2.6.4. Evaluación de la textura

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial correspondiente al atributo textura, la cual fue evaluada por los panelistas con el fin de determinar las diferencias entre las distintas formulaciones analizadas.

Tabla 50

Resultados de la evaluación sensorial de la textura

Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Textura
F0	0	0	5.73 ± 1.10
F1	6	6	4.98 ± 1.27
F2	10	6	4.73 ± 1.45
F3	6	10	4.59 ± 1.38
F4	10	10	4.63 ± 1.56
F5	4	8	5.10 ± 1.39
F6	12	8	4.68 ± 1.39
F7	8	4	5.27 ± 1.20
F8	8	12	4.66 ± 1.37
F9	8	8	4.98 ± 0.85
F10	8	8	4.49 ± 1.66
F11	8	8	4.44 ± 1.67

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 50).

Los resultados de la evaluación de la textura muestran que la formulación F0 obtuvo la mayor aceptación con 5.73 puntos, destacando claramente sobre el resto. Las demás formulaciones presentan valores más agrupados entre 4.44 y 5.27, lo que indica una percepción textural relativamente similar; dentro de este grupo, F7 alcanzó 5.27 puntos, siendo la formulación con el valor más alto después de F0, mientras que F5 también logró una puntuación moderada, reflejando un impacto ligeramente más positivo en comparación con las restantes.

Hussain et al. (2023) en su investigación sobre la aplicación alimentaria del polvo de semilla de naranja (2.5%, 5%, 7.5% y 10%) mediante su incorporación a la harina de trigo para elaborar galletas, realizó el correspondiente análisis sensorial

con puntuaciones del 1 al 9, donde 1 representaba una alta desaprobación y 9 una fuerte, obtuvo valores de textura entre $6,55 \pm 0,09$ a $7,93 \pm 0,13$, donde se puede analizar que para el parámetro de textura, los jueces prefirieron un nivel de reemplazo del 5% de polvo de semilla de naranja. Por otro lado, aunque los niveles de reemplazo más altos mejoraron los valores nutricionales de las galletas desarrolladas, sus puntuaciones sensoriales disminuyeron significativamente, siendo evidenciado que al sustituir hasta un 10% de harina muestra el menor valor con 6.55. Basurto et al. (2025) utilizó concentraciones de 0%, 3%, 5%, 7% de harina de cascara de naranja al elaborar galletas, mostrando valores favorables para el parámetro de textura, y al evaluarla mediante una escala hedónica de 1-7, donde un valor más alto corresponde a una mayor aceptación, obtuvo valores de $4,64 \pm 1,54$ a $5,88 \pm 0,87$. De igual forma Teke et al. (2023) evidenció una preferencia alta al elaborar galletas con harina de cascara de naranja (0,5 g, 1 g, 1,5 g, 2 g, 2,5 g, 3 g, 3,5 g, 4 g), resultando con un valor promedio de 8.5 puntos para textura en una escala hedónica de 1-9, siendo 9 la puntuación más aceptada.

Khatun et al. (2021) al evaluar la utilización de harina de cáscara de plátano en la elaboración de galletas como sustituto de la harina de trigo en concentraciones de 0%, 5%, 10%, 20% y 30% mediante una escala hedónica de 1 a 9 puntos, obtuvo una favorabilidad promedio de 7.47 para los 5 tratamientos. De igual forma, Aguilar y Estrella (2021) en su estudio sobre la elaboración de una galleta sustituyendo harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de raquis, cáscara de banano (*Musa acuminata*) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) en concentraciones de 5%, 15%, y 25%, presentó la mejor preferencia por parte de los panelistas, al sustituir un 5% con un valor de 4.09 ± 0.95 para el parámetro de textura y la menor aceptabilidad al adicionar un 25% de harina de cascara de plátano. Quimis et al. (2020) al estudiar la aceptabilidad de galletas en concentraciones de 25% y 50% con 12 tratamientos de harinas de quinua, plátano y avena, y mediante un análisis sensorial con 36 catadores y una escala hedónica de 1-5 puntos, obtuvo un rango de aceptabilidad de 2.61 – 3.92 para textura, siendo el mejor aceptado la combinación de Harina de quinua 25%+harina de plátano 50%+harina de avena 25%. Cusme, et al. (2025) por su parte obtuvo un rango de 5.07-5.43 para textura al evaluar la harina de cascara de plátano en la elaboración de galletas con concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15%, siendo la mejor aceptada, la galleta con una sustitución del 15% de harina de cascara de plátano.

– **Análisis de varianza de la textura**

Tabla 51

Análisis de varianza de la textura sensorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Formulación	64.685	11	5.88045	5.23	0.0000
B: Panelistas	472.415	49	9.64112	8.58	0.0000
Residuos	605.565	539	1.1235		
Total (corregido)	1142.66	599			

Nota: Valores al 95% de confianza

Los resultados presentados en la tabla indican que tanto el factor Formulación como el factor Panelistas tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) correspondiente a la textura de las galletas. Esto sugiere que las diferentes formulaciones generaron variaciones perceptibles en la textura, y que las apreciaciones de los panelistas no fueron uniformes, reflejando diferencias individuales en su percepción sensorial.

Tabla 52

Contrastes múltiples entre formulaciones para la textura sensorial

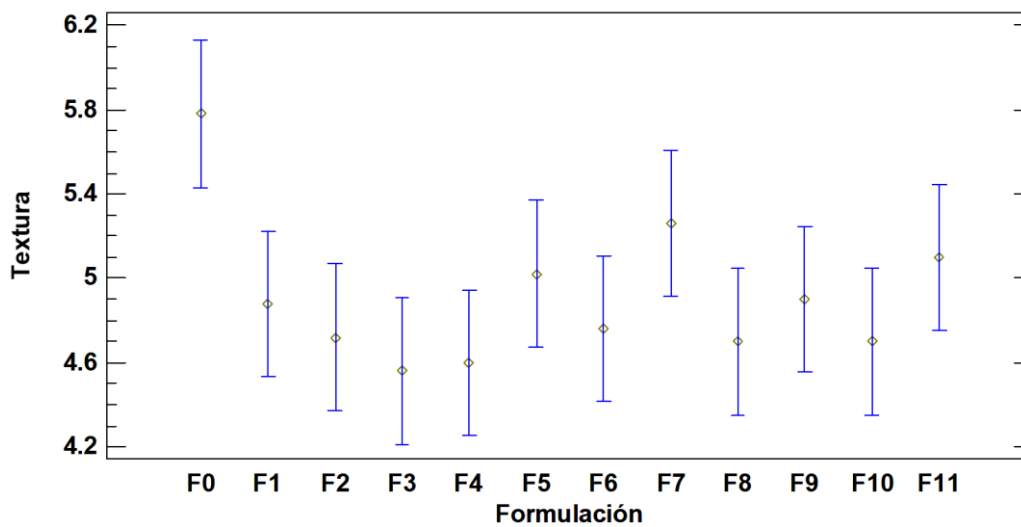
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F0 - F1	*	0.90	0.695833
F0 - F2	*	1.06	0.695833
F0 - F3	*	1.22	0.695833
F0 - F4	*	1.18	0.695833
F0 - F5	*	0.76	0.695833
F0 - F6	*	1.02	0.695833
F0 - F8	*	1.08	0.695833
F0 - F9	*	0.88	0.695833
F0 - F10	*	1.08	0.695833
F3 - F7	*	-0.70	0.695833

* indica una diferencia significativa.

Según los resultados obtenidos en los contrastes múltiples para la textura sensorial, se detectaron diferencias significativas entre formulaciones como F3 y F7, lo que demuestra que los cambios en la composición afectaron las propiedades físicas percibidas, como la crocancia y dureza. En este sentido, las formulaciones F5 y F7 presentaron los valores más contrastantes, evidenciando un impacto importante en la apreciación sensorial de la textura.

Figura 35

Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% de la Textura Sensorial



En la textura, la formulación F0 obtiene nuevamente la puntuación más alta, mostrando la mayor aceptación en este atributo, y dentro del resto de formulaciones se observa que F11 presenta un puntaje ligeramente superior frente a las demás alternativas, lo que indica que esta formulación genera un impacto textural más positivo aun cuando no alcanza la valoración de la formulación inicial.

4.2.6.5. Intención de compra

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial correspondiente al atributo intención de compra, la cual fue evaluada por los panelistas con el fin de determinar las diferencias entre las distintas formulaciones analizadas.

Tabla 53

Resultados de la evaluación sensorial de la intención de compra

Formulación	Harina de cascara de plátano (%)	Harina de cascara de naranja (%)	Intención de compra
F0	0	0	4.49 ± 0.90
F1	6	6	3.51 ± 0.98
F2	10	6	3.37 ± 0.92
F3	6	10	3.20 ± 1.01
F4	10	10	3.10 ± 1.20
F5	4	8	3.66 ± 1.20
F6	12	8	3.32 ± 0.93
F7	8	4	3.95 ± 0.89
F8	8	12	2.98 ± 1.17
F9	8	8	3.29 ± 0.96
F10	8	8	3.17 ± 1.02
F11	8	8	3.24 ± 1.04

Nota: Los datos se presentan como media ± desviación estándar (n = 50).

Los resultados de la evaluación de la intención de compra muestran que la formulación F0 obtuvo la mayor aceptación con 4.49 puntos, destacando claramente sobre el resto. Las demás formulaciones presentan valores más agrupados entre 2.98 y 3.66, lo que indica una disposición de compra relativamente similar; dentro de este grupo, F7 alcanzó 3.95 puntos, siendo la formulación con el valor más alto después de F0, mientras que F5 también logró una puntuación moderada, reflejando un impacto ligeramente más positivo en comparación con las restantes.

Hussain et al. (2023) reportaron que la incorporación de harina de cáscara de naranja en niveles de 0–10 % mostró mayores valores de aceptabilidad e intención de

compra en sustituciones bajas, destacando concentraciones de 2.5% y 5% con puntajes de 7.68 y 7.74 en una escala hedónica de 1 a 9. De manera similar, en la presente investigación se evidenció una mayor preferencia del consumidor en formulaciones con bajas concentraciones de la mezcla de harinas de cáscara de naranja y plátano (F0 y F1). Esta tendencia concuerda con lo reportado por Teke et al. (2023), quienes obtuvieron mayores valores de aceptabilidad en concentraciones bajas (0–0.5 g) de harina de cáscara de naranja y polvo de hoja de Moringa oleifera, así como con Paucar (2014), quien observó una mayor intención de compra en galletas con bajos niveles de sustitución (5–15%).

Khatun et al. (2021) evidenciaron una tendencia similar al sustituir harina de trigo por harina de cáscara de plátano (0–30%), obteniendo mayores valores de aceptabilidad en concentraciones bajas, particularmente en 0-5%, con puntajes de 7.2 y 6.5 en una escala hedónica de 1 a 9. Asimismo, Aguilar y Estrella (2021) reportaron valores de sustitución entre 5-25% mostrando una mayor preferencia del consumidor en los niveles bajos de sustitución de 0-5% con valores de aceptabilidad de 4.22 y 3.8.

La mayor intención de compra en formulaciones con bajos niveles de sustitución se debe a que permiten incorporar compuestos funcionales sin afectar significativamente las características sensoriales del producto, las cuales influyen directamente en la aceptación del consumidor (Falla y Ramón, 2018) mientras que niveles más altos de sustitución intensifican atributos sensoriales menos deseables, como amargor, oscurecimiento del color y mayor dureza, reduciendo la intención de compra (Quimis et al., 2020).

– **Análisis de varianza de la intención de compra**

Tabla 54

Análisis de varianza de la intención de compra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Formulación	108.471	11	9.86097	11.36	0.0000
B: Panelistas	160.443	49	3.27436	3.77	0.0000
Residuos	466.878	538	0.867803		
Total (corregido)	735.656	598			

Nota: Valores al 95% de confianza

Los resultados presentados en la tabla indican que tanto el factor Formulación como el factor Panelistas tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) correspondiente a la intención de compra de las galletas. Esto sugiere que las diferentes formulaciones generaron diferencias en la intención de compra por parte de los evaluadores, y que las respuestas de los panelistas no fueron uniformes, reflejando variaciones individuales en su percepción y decisión de compra.

Tabla 55

Contrastes múltiples entre formulaciones para la intención de compra

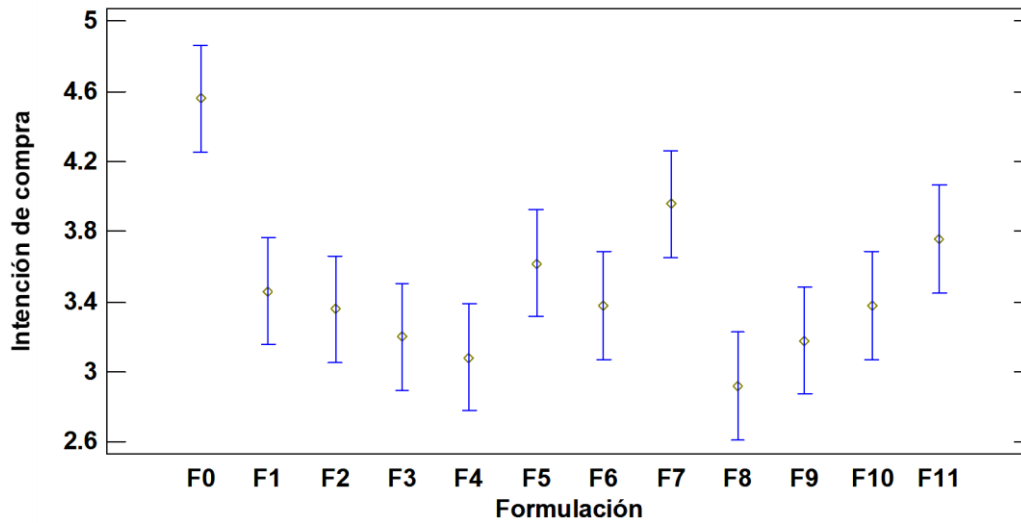
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F0 - F1	*	1.10	0.611551
F0 - F2	*	1.20	0.611551
F0 - F3	*	1.36	0.611551
F0 - F4	*	1.48	0.611551
F0 - F5	*	0.94	0.611551
F0 - F6	*	1.18	0.611551
F0 - F8	*	1.64	0.611551
F0 - F9	*	1.38	0.611551
F0 - F10	*	1.18	0.611551
F0 - F11	*	0.79	0.614946
F3 - F7	*	-0.76	0.611551
F4 - F7	*	-0.88	0.611551
F4 - F11	*	-0.68	0.614946
F5 - F8	*	0.70	0.611551
F7 - F8	*	1.04	0.611551
F7 - F9	*	0.78	0.611551
F8 - F11	*	-0.84	0.614946

* indica una diferencia significativa.

Según los resultados obtenidos en los contrastes múltiples para la intención de compra, se observaron diferencias significativas entre formulaciones como F7 y F8. Estos resultados indican que las variaciones aplicadas en la formulación influyeron directamente en la preferencia de los consumidores, destacando las formulaciones F5 y F7 por generar una mayor aceptación y disposición de compra del producto.

Figura 36

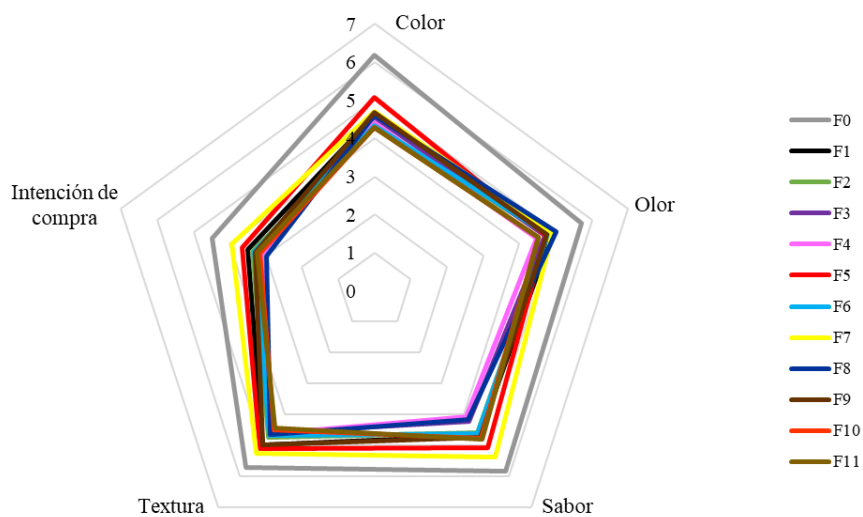
Medias y Prueba de Tukey HSD al 95% de la Intención de Compra



En la intención de compra, la formulación F0 destaca ampliamente como la opción con mayor disposición de adquisición, mientras que dentro del grupo restante se aprecia que F6 y F11 muestran valores superiores respecto a las demás formulaciones, lo que sugiere un impacto ligeramente mayor en la decisión de compra, aunque manteniéndose por debajo de la aceptación que recibe F0.

Figura 37

Gráfico radial de las formulaciones



Las formulaciones más valoradas fueron F5 y F7. En los atributos de color, sabor, textura e intención de compra destacaron las formulaciones F5 y F7, mientras que en olor sobresalieron las formulaciones F8, F1 y F7.

4.3.Optimización de la formulación óptima.

La determinación de la formulación óptima se realizó mediante la técnica de optimización de múltiples respuestas utilizando el software estadístico STATGRAPHICS. Para este análisis se realizó la función de deseabilidad, considerando como variables significativas la luminosidad, la cromaticidad, el contenido de fibra, los polifenoles y la capacidad antioxidante.

Tabla 56

Criterios de deseabilidad para optimización de respuesta múltiple

Variable dependiente	Deseabilidad baja	Deseabilidad alta	Meta
Luminosidad L*	42.68	51.79	Maximizar
Cromaticidad C*	12.76	16.00	Maximizar
Fibra (%)	9.00	15.00	Maximizar
Polifenoles (mg GAE/100g)	50.00	100.00	Maximizar
Capacidad antioxidante (uMol Trolox/100g)	150.00	250.00	Maximizar

Con estas variables dependientes, se estableció el porcentaje óptimo de harinas de cáscara de plátano y de harina de cascara de naranja lo que permitió obtener una galleta con una mayor deseabilidad global.

Tabla 57

Valores de la formulación óptima

Factor	Valor óptimo
Harina de cáscara de plátano (%)	8.0
Harina de cáscara de naranja (%)	12.0

Se determinó que la formulación óptima de galletas se obtiene al emplear una proporción de 8% de harina de cáscara de plátano y 12% de harina de cáscara de naranja. Esta combinación de niveles de los factores representa el punto experimental en el que las características sensoriales y funcionales del producto alcanzan el mejor equilibrio posible según el modelo ajustado, constituyendo así la condición óptima para la elaboración de las galletas enriquecidas con harinas de cáscara de plátano y de naranja.

4.4. Caracterización de la formulación óptima.

4.4.1. Composición proximal

Tabla 58

Composición proximal de las galletas óptima y control

Composición	Galleta Óptima	Galleta Control
Energía (kcal)	441.36 ± 8.89	507.15 ± 6.31
Humedad	1.98 ± 0.10	1.35 ± 0.04
Cenizas	1.50 ± 0.03	0.68 ± 0.03
Proteína	4.08 ± 0.13	3.46 ± 0.20
Grasas	19.36 ± 1.71	26.15 ± 1.24
Fibra	10.38 ± 0.97	3.87 ± 0.78
Carbohidratos	62.70 ± 1.53	64.49 ± 1.10

En la tabla 58 se muestra la composición proximal de la galleta control el cual contienen concentraciones de 8% de harina de cascara de plátano y 12% de harina de cascara de naranja. Falla y Ramon (2018) elaboraron galletas con harina de cascara de plátano y presentaron valores mayores a los de esta investigación con 6.6 % de humedad, 11.2 % de proteína ($N \times 5.70$), 19.4 % de grasa, 4 % de fibra cruda, 1.5 % de ceniza, a excepción de carbohidratos con 57.3 % para una concentración de 5% de harina de cascara de plátano. Khatun et al. (2021) al sustituir harina de trigo por harina de cascara de plátano presentaron valores que oscilaron entre 4.50 – 5.32 % para humedad, 6.60 – 9.00 % para proteína, 1.50 – 2.00 % para ceniza, y 74.18 – 76.58 % para carbohidratos totales, los cuales fueron mayores excepto la grasa con 9.65 – 10.65 %. De igual forma Glicerio et al. (2020) al elaborar galletas a base de harinas de plátano pelipita (*Musa abb*) y de batata (*Ipomea batatas*) reporto valores mayores de 3.35 ± 0.05 % para humedad, 5.25 ± 0.22 % para proteína, 2.10 ± 0.05 % para ceniza, 88.8 ± 0.31 % para carbohidratos, sin embargo 0.51 ± 0.04 % para grasas y 5.23 ± 0.23 % para fibra dietaria los cuales fueron inferiores.

Lozano (2020) en su investigación al elaborar galletas enriquecidas con harina de cascara de naranja (0%, 5%, 7.5% y 10%) presento valores que oscilaron entre 5.05 ± 0.07 y 13.15 ± 0.02 % para humedad, 1.11 ± 0.00 y 1.47 ± 0.02 g para ceniza, 7.39 ± 0.00 y 8.50 ± 0.02 % para proteína, y 10.24 ± 0.14 y 13.74 ± 0.17 % para fibra insoluble. Paucar (2014) al elaborar galletas con una mezcla de harina de trigo y

harina de cascara de naranja (0%, 5%, 10% y 15%) obtuvieron valores que oscilaron entre 4.43 y 4.81 % para humedad, 14.25 y 14.50 % para proteína, 16.45 y 17.53 % para grasa, 3.21 y 3.50 % para ceniza, 3.75 y 4.05 % para fibra cruda, y 56.24 y 57.28 % para carbohidratos.

En comparación con la galleta óptima, las diferencias observadas en los valores reportados por otros autores se explican principalmente por el tipo de materia prima utilizada, el nivel de sustitución de la harina de trigo y el proceso de formulación. Las investigaciones que emplearon mayores proporciones de harinas de cáscara de plátano o naranja tendieron a presentar mayores valores de humedad y proteína, debido a la capacidad de estos subproductos para retener agua y aportar compuestos nitrogenados (Benites y Muñoz, 2020). Asimismo, el incremento en cenizas se asocia al mayor contenido mineral propio de las cáscaras de frutas. Por otro lado, las formulaciones con predominio de harinas ricas en almidón mostraron mayores contenidos de carbohidratos y menores niveles de grasa, mientras que la galleta óptima destacó por su mayor contenido de fibra, resultado de una formulación balanceada que prioriza el aprovechamiento de subproductos ricos en fibra dietaria.

En general, estas variaciones reflejan que algunos valores son mayores o menores no necesariamente por una mejor o peor calidad, sino por el objetivo nutricional de cada formulación, donde la galleta óptima logra un perfil más equilibrado, especialmente en términos de fibra y composición proximal (Astuhuaman y Medina, 2019).

V. CONCLUSIONES

Se determinó que la sustitución parcial de harina de trigo por 8% de harina de cáscara de naranja y 8% de harina de cáscara de plátano permitió obtener galletas dulces con un contenido de fibra entre 7.34–10.38%, aproximándose al rango esperado (9–15%). Asimismo, la capacidad antioxidante presentó valores de 242.22–795.47 uMol Trolox/100g, superando el rango esperado de 150–250 uMol Trolox/100g. Sin embargo, el contenido de polifenoles totales no alcanzó el intervalo previsto de 50–100 mgGAE/100 g, obteniéndose valores entre 22.62–35.29 mgGAE/100 g. En consecuencia, la hipótesis planteada no se confirma totalmente; no obstante, los resultados evidencian un cumplimiento parcial debido a la mejora en el contenido de fibra y la actividad antioxidante de las galletas.

Se realizó la caracterización de las materias primas, mediante análisis proximal, determinándose que las harinas de cáscara de plátano y cáscara de naranja presentan un elevado contenido de fibra (31.08% y 47.92%), así como una presencia significativa de polifenoles totales (108.97 mg GAE/100g y 67.75 mg GAE/100g) y capacidad antioxidante (344.27 uMol Trolox/100g y 439.77 ± 25.33 uMol Trolox/100g), evidenciando su potencial como ingredientes funcionales y su aplicabilidad en el desarrollo de productos alimentarios con valor nutricional agregado.

A partir de los análisis realizados, la incorporación de harinas de cáscara en la formulación de galletas permitió un mejoramiento significativo de sus propiedades funcionales, evidenciado incrementos de fibra entre el 90% y 168%, polifenoles totales entre el 48% y 131% y capacidad antioxidante entre el 20% y 293% en comparación con la galleta control, confirmando el potencial de estos subproductos agroindustriales para el desarrollo de alimentos con mayor valor nutricional y antioxidante.

Finalmente, se realizó el análisis proximal de la formulación óptima (F8), elaborada con 12% de harina de cáscara de naranja y 8% de harina de cáscara de plátano, obteniéndose un contenido energético de 441.36 ± 8.89 kcal, humedad de $1.98 \pm 0.10\%$, cenizas de $1.50 \pm 0.03\%$, proteína de $4.08 \pm 0.13\%$, grasas de $19.36 \pm 1.71\%$, fibra de $10.38 \pm 0.97\%$ y carbohidratos de $62.70 \pm 1.53\%$.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios de vida útil mediante evaluaciones fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas durante el almacenamiento, a fin de determinar el tiempo de conservación óptimo de las galletas elaboradas con harinas de cáscara de naranja y plátano. Asimismo, se sugiere evaluar diferentes condiciones de envasado que permitan minimizar la absorción de humedad y la oxidación del producto.

Se recomienda investigar métodos de extracción de compuestos aromáticos y aceites esenciales a partir de las cáscaras de naranja y plátano, con el propósito de incorporarlos como saborizantes naturales en la formulación de las galletas, contribuyendo a mejorar su aceptabilidad sensorial y promoviendo el aprovechamiento integral de los residuos agroindustriales.

Se recomienda efectuar análisis microbiológicos tanto de las harinas obtenidas a partir de las cáscaras como del producto final, incluyendo la determinación de mohos, levaduras, aerobios mesófilos y coliformes, con la finalidad de garantizar la inocuidad del producto y establecer parámetros adecuados de control durante su procesamiento y almacenamiento.

Se recomienda desarrollar un estudio financiero que permita evaluar la viabilidad económica de la producción de galletas enriquecidas con harinas de cáscara de naranja y plátano, considerando costos de procesamiento, envasado y comercialización. Asimismo, se sugiere realizar un estudio de mercado para analizar la aceptación del consumidor y el potencial de posicionamiento del producto como una alternativa saludable y sostenible.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguero Gauto, S. R., Brítez Segovia, L. M. A., & Reckziegel Kressin, Y. (2022). Incorporación de harinas no convencionales derivadas de frutas en un producto de panificación. *Revista Impacto*, 2(1), 16–28. Recuperado a partir de <https://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/354>
- Agüero S, Brítez L, Reckziegel Y. (2022). Incorporación de harinas no convencionales derivadas de frutas en un producto de panificación. *Revista Impacto*, 2(1), 16-28. <https://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/354/394>
- Aguilar Pesantes, A. D., & Estrella Pincay, N. M. (2021). Desarrollo de una galleta con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de raquis, cáscara de banano (*Musa acuminata*) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) [Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/items/dec22918-4d22-40cd-8a30-4475eb557aba>
- Aguilar, Melizza & Flores, Cynthia. (2018). Evaluación de la cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) como material adsorbente natural de ion metálico Cu (II). Tesis para obtener el Título Profesional de Ingenieras Químicas. Universidad Nacional de San Agustín. Perú. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7105>
- Akhter, M. J., Al-Amin, M., Hossain, M. A., et al. (2024). *Enriching wheat bread with banana peel powder: Impact on nutritional attributes, bioactive compounds, and antioxidant activity*. *International Journal of Food Science*, 2024, 2662967. <https://doi.org/10.1155/2024/2662967>
- Akhter, S., Al-Amin, M., Hossain, M., & Kamal, M. (2024). *Enriching wheat bread with banana peel powder: Impact on nutritional attributes, bioactive components, and antioxidant activity*. **PMC**. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11315971/>
- Alata Mayhuire, Evelin, Cuadros Huamaní, Yuri, Miranda Zanardi, Luis, & Medina de Miranda, Esperanza. (2019). Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 231-241. Recuperado en 07 de agosto de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200010&lng=es&tlng=es.
- Al-Saab, A. H., & Gadallah, M. G. E. (2021). *Phytochemicals, antioxidant activity and quality properties of fibre enriched cookies incorporated with orange peel powder*. *Food Research*, 5(4), 72–79.

https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/9_fr-2020-698_al-saab_2.pdf

- Aravind, S. M., Maatshe, R. K. S., Prasanna, P., Prasaanth Saran, S., Dharanesh, D., Rohit Kumar, S., & Kishore, A. (2025). *Valorization and characterization of red banana (Musa acuminata) peel powder for the development of functional cookies. Food and Humanity, 5*, 100683. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100683>
- Arroyo Gamez & Leon La Rosa. 2014. Densidad de carga y método de extracción en el rendimiento y calidad de aceite esencial de los flaveados de dos variedades de naranja (*citrus sinensis*). Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Perú. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2064>
- Astuhuamán Cajahuanca, K. M., & Medina Paita, H. E. (2019). Formulación de una galleta dulce con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp.*) con harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6452>
- Athanasiadis, V., Chatzimitakos, T., Kotsou, K., Palaiogiannis, D., Bozinou, E., & Lalas, S. I. (2022). Optimization of the extraction parameters for the isolation of bioactive compounds from orange peel waste. *Sustainability, 14*(21), 13926. <https://doi.org/10.3390/su142113926>
- Bakar, S. K. S. A., Ahmad, N., & Jailani, F. (2018). Chemical and functional properties of local banana peel flour. *J. Food Nutr. Res, 6*(8), 492-496. <https://pubs.sciepub.com/jfnr/6/8/1/index.html>
- Baños, E. C. G., Dorantes, M. I. B., Luna-Jiménez, A. L., González-Cortés, N., & Jiménez-Vera, R. (2020). Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para Uso Alimentario. *European Scientific Journal, ESJ, 16*(6), 12. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n6p12>
- Basurto Intriago, Y. N., Limongi Luna, J. M., & Muñoz Murillo, J. P. (2025). *Efecto de varios porcentajes de harina de cáscara de naranja (Citrus sinensis) sobre las propiedades fisicoquímicas, bromatológicas y sensoriales de galletas dulces. Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria, 45*(1), 354–363. <https://doi.org/10.12873/451basurto>
- Benites Arbulú, C. A., & Muñoz Villanueva, E. Y. (2020). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por harina de lentejas (*Cajanus cajan*) en la

- elaboración de galletas para aumentar su valor nutritivo [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9020>
- Burcu, T., Nazli, S. (2021). Gluten-free cake with unripe banana peel flour substitution: impact on nutritional, functional and sensorial properties. *Nutrition & Food Science*. 52(6), 980-995. <https://doi.org/10.1108/NFS-08-2021-0259>
- Cairano, M., Condelli, N., Caruso, M., Marti, A., Cela, G., Galgano, F. (2020). Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours. *LWT* 133, 109860. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109860>
- Calix, C., Neves, G., Mauro, R., Villanueva, M., Ronda, F. (2025). Physico-chemical and nutritional properties of breadfruit pulp and peel flours: Insights into starch molecular characteristics and their impact on starch digestibility. *International Journal of Biological Macromolecules*, 305(2), 141224. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.141224>
- Calvello, R., Caponio, G. R., Cianciulli, A., Porro, C., Ruggiero, M., Celano, G., De Angelis, M., & Panaro, M. A. (2025). *Antioxidant activity and anti-inflammatory effect of blood orange by-products in treated HT-29 and Caco-2 colorectal cancer cell lines*. *Antioxidants*, 14(3), 356. <https://doi.org/10.3390/antiox14030356>
- Caponio, G. R., Annunziato, A., Vacca, M., Difonzo, G., Celano, G., Minervini, F., Ranieri, M., Valenti, G., Tamma, G., & De Angelis, M. (2024). *Nutritional, antioxidant and biological activity characterization of orange peel flour to produce nutraceutical gluten-free muffins*. *Food & Function*, 15(16), 8459–8476. <https://doi.org/10.1039/D4FO01395F>
- Capurro Lévano, J. M., & Huerta Lauya, D. G. (2016). Elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*), quinua (*cheropodium quinoa*) y maíz (*zea mays*). [Tesis Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Del Santa de Chimbote] Repositorio <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2629>
- Carrasco, C., y Sánchez, K. (2019). Determinación de la aceptabilidad de galletas elaboradas con diferentes concentraciones de harina de coronta de maíz morado (*Zea mays* l). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Lambayeque. Perú. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8143/BC4563%>

20CARRASCO%20CARRANZASANCHEZ%20CAJO.pdf?sequence=1&isAll
owed=y

- Cemaluk, 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), 1-7. <https://journalejmp.com/index.php/EJMP/article/view/265/531>
- Chang, L., Yang, M., Zhao, N., Xie, F., Zheng, P., Simbo, J., Yu, X., & Du, S. K. (2022). *Structural, physicochemical, antioxidant and in vitro digestibility properties of banana flours from different banana varieties (Musa spp.)*. *Food Bioscience*, 47, 101624. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101624>
- Chemat, F., Vian, M. A., Fabiano-Tixier, A. S., Nutrizio, M., Jembrak, A. R., Munekata, P. E., ... & Cravotto, G. (2020). A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products. *Green Chemistry*, 22(8), 2325-2353. 10.1039/C9GC03878G. <https://doi.org/10.1039/C9GC03878G>
- Chen, C., & Ramaswamy, H. (2002). Coluor and texture change kinetics in kiping bananas. *Lebensm wiss-u technology* 415-419. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0875>
- Cobo S, Levis JW, Dominguez-Ramos A, Irabien A. Economics of Enhancing Nutrient Circularity in an Organic Waste Valorization System. *Environ Sci Technol*. 2019 Jun 4;53(11):6123-6132. Epub 2019 May 23. PMID: 31075195. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b06035>
- Córdova Jiménez, B. A., & García Miranda, C. M. (2021). *Elaboración de galletas funcionales de harina de trigo enriquecida con fibra dietética de la cáscara de piña (Ananas comosus) y naranja (Citrus × sinensis)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/63ebabea-f1aa-487c-9f67-97de9806d509>
- Cosavalente, M. & Gonzales J. (2022). Evaluación del impacto de la economía circular en la gestión sostenible de los residuos sólidos. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100354?show=full>
- Cusi, A. (2021). *Desarrollo de una galleta con sustitución parcial de harina de trigo por una mezcla de harina de raquis, cáscara de banano y cáscara de plátano*. Universidad Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6962>

- Cusme, A., Rosado, J., & Muñoz, J. (2025). Efecto de la harina de cáscara de banano (Musa Cavendish) sobre las propiedades bromatológicas y sensoriales de galletas edulcoradas con panela. *Revista G-ner@ndo*, 6(1), 3176–3196. <https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/559/575>
- De Matos, M. E., Bianchi Pedroni Medeiros, A., de Melo Pereira, G. V., Thomaz Soccol, V., & Soccol, C. R. (2017). Production and characterization of a distilled alcoholic beverage obtained by fermentation of banana waste (Musa cavendishii) from selected yeast. *Fermentation*, 3(4), 62. <https://doi.org/10.3390/fermentation3040062>
- Delatte, S., Doran, L., Blecker, C., De Mol, G., Roiseux, O., Gofflot, S., & Malumba, P. (2019). Effect of pilot-scale steam treatment and endogenous alpha-amylase activity on wheat flour functional properties. *Journal of cereal science*, 88, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.05.002>
- Diaz Paucar, B. A., & Espinoza Ramos, I. S. (2022). Elaboración de cookies con chips de cushuro (Nostoc Sphaericum) fortificada con harinas de soya y cáscara de piña [Tesis Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Del Santa de Chimbote] Repositorio: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4065?show=full>
- Elayabalan, S., Subramaniam, S., Shobana, V., & Ashok Kumar, K. (2017). An overview on phytochemical Composition of Banana (Musa spp.). *Int. Bimon. Indian J. Nat. Sci*, 7, 12408-12419. https://www.tnsroindia.org.in/JOURNAL/issue42/Issue%2042%202017%20FINAL%20.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Emaga, T. H., Bindelle, J., Agneesens, R., Buldgen, A., Wathelet, B., & Paquot, M. (2011). Ripening influences banana and plantain peels composition and energy content. *Tropical animal health and production*, 43, 171-177. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9671-6>
- Ertosun, S., Falcão, S. I., Aylanc, V., et al. (2024). The impact of bee product incorporation on the processing properties, nutritional value, sensory acceptance, and microbial stability of bread. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(1), 451–463. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02172-4>
- Espinosa-Pardo, F.A.; Nakajima, V.M.; Macedo, G.A.; Macedo, J.A.; Martínez, J. (2017). Extraction of Phenolic Compounds from Dry and Fermented Orange Pomace Using Supercritical CO2 and Cosolvents. *Food Bioprod. Process*, 101, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.10.002>

- Espinoza Ambrosio, J. F. (2022). *Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por la harina de cáscara de plátano bellaco (*Musa paradisiaca*) variedad Hartón, en la elaboración de galletas en la provincia de Padre Abad* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNU_98d362b97c0cf636111a27e07b1ef37f
- Falla Dejo, F. T., & Ramón Lluén, M. Y. (2019). Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*). [Tesis de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3970>
- Falla Dejo, F. T., & Ramón Lluén, M. Y. (2018). *Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_6ac30823582a02abdb29470cea4b23a4
- FAO, (2016). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/dairy-productionproducts/production/es/>.
- FAO. (2017). Composición de los alimentos. Retrieved from <http://www.fao.org/nutrition/composicion-alimentos/es/>
- FAOSTAT. (2020). Cantidad de producción de plátano-2018. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- Fidrianny, I., Harnovi, M., & Insanu, M. (2014). Evaluation of antioxidant activities from various extracts of sweet orange peels using DPPH, FRAP assays and correlation with phenolic, flavonoid, carotenoid content. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 186-190. <https://www.journals.innovareacademics.in/index.php/ajpcr/article/view/1400/pdf>
- Figueroa, J. G., Borrás-Linares, I., Del Pino-García, R., Curiel, J. A., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2021). Functional ingredient from avocado peel: Microwave-assisted extraction, characterization and potential applications for the food industry. *Food Chemistry*, 352, 129300. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129300>

- García Ríos, K. A., & Mendoza Ramírez, J. L. (2019). *Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Alicia-Concytec. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3970>
- Garde-Cerdán, T., Arias-Gil, M., Marsellés-Fontanet, A.r., Ancín-Azpilicueta, C., Martín-Belloso, O. (2007). Effects of termal and non termal processing treatments on fatty acids and free amino acids of grape juice. *Food Control*, 18, 473-479. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.12.004>
- Gasparre, N., Garzon, R., Marin, K., Rosell, C. (2024). Exploring the integration of orange peel for sustainable gluten-free flatbread making. *LWT*, 198, 115969. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115969>
- Glicerio León-Méndez, D., León-Méndez, D., Pajaro-Castro, N., Granados-Conde, C., Granados-Llamas, E., & Bahoque Peña, M. J. (2020). Elaboración de una galleta a base de harinas de plátano pelipita (Musa abb) y de batata (Ipomea batatas). *Revista Chilena de Nutrición*, 47(3), 406–414. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000300406>
- Gomes, L. P., Mota, R. A., Becker, P. P., Teixeira, B. M., Castillo, M. N., Hermosín, G. I. (2014). Flour of banana (Musa AAA) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. *Food Research International* 55, 397–403. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.039>
- Gomes, S., Vieira, B., Barbosa, C., & Pinheiro, R. (2022). Evaluation of mature banana peel flour on physical, chemical, and texture properties of a gluten-free Rissol. *Journal of Food Processing and preservation*, 46(8), e14441. <https://repositorium.uminho.pt/entities/publication/8fe45132-c9d3-4022-962e-96a08d6c8711>
- Gotmare, S., Gade, J. (2018). Orange Peel: A Potential Source of Phytochemical Compounds. *International Journal of ChemTech Research*, 11(2), 240-243. <http://dx.doi.org/10.20902/IJCTR.2018.110229>
- Guan, E., Yang, Y., Pang, J., Zhang, T., Li, M., & Bian, K. (2020). Ultrafine grinding of wheat flour: Effect of flour/starch granule profiles and particle size distribution on falling number and pasting properties. *Food Science & Nutrition*, 8(6), 2581-2587. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1431>

- Guerra Baños, E. C., Baños Dorantes, M. I., Luna, L., González, N., & Jiménez-Vera, R. (2020). *Caracterización de harina de naranja (Citrus x sinensis) para uso alimentario*. *European Scientific Journal*, 16(6), 12–26. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n6p12>
- Hassan, H. F., Hassan, U. F., Usher, O. A., Ibrahim, A. B., & Tabe, N. N. (2018). Exploring the potentials of banana (*musa sapientum*) peels in feed formulation. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science*, 5(5), 10-14. <http://dx.doi.org/10.20431/2349-0403.0505003>
- Hassanin, D., Abdehady, S., Ghazi, A., Badawy, W. (2025). Nanoparticles of banana peels as a potential source of bioactive compounds and their activities on HepG2. *Scientific Reports*, 15, 11721. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-93382-x>
- Hernandez-Espinosa N, Mondal S, Autrique E (2018) Milling, processing and end-use quality traits of CIMMYT spring bread wheat germplasm under drought and heat stress. *Field Crops Research* 215: 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.003>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos. *Food Science and Technology*, 28, 718–726. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
- Heuzé, V., Tran, G., Nozière, P., Lessire, M., & Lebas, F. (2015). Soybean seeds. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.
- Hikal, W. M., Said-Al Ahl, H. A. H., Bratovcic, A., Tkachenko, K. G., Sharifi-Rad, J., Kačániová, M., Elhourri, M., & Atanassova, M. (2022). *Banana peels: A waste treasure for human being*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, 761645. <https://doi.org/10.1155/2022/761645>
- Huamán, S. (2020). Elaboración Y Caracterización De Galletas A Base De Cascara De Plátano (*Musa paradisiaca*) Como Sustituto Parcial De La Harina De Trigo Según NTP 206.0001-03,1992. [TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL]. Repositorio: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/68861/Huam%03%a1n_GSA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hussain, A., Laaraj, S., Kausar, T., Tikent, A., Azzouzi, H., Kauser, S., Ul An, Q., Iqbal, A., Akram, S., Nisar, R., Najam, A., Fatima, H., Yaqub, S., & Elfazazi, K. (2023).

- Food application of orange seed powder through incorporation in wheat flour to boost vitamin and mineral profiles of formulated biscuits. *International Journal of Food Science*, 6654250. <https://doi.org/10.1155/2023/6654250>
- Igrejas, G., Branlard, G. (2020). La importancia del trigo. En: Igrejas, G., Ikeda, T., Guzmán, C. (eds) *Calidad del trigo para mejorar el procesamiento y la salud humana*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34163-3_1
- Jridi, M., Boughriba, S., Abdelhedi, O., Nciri, H., Nasri, R., Kchaou, H., ... Nasri, M. (2019). Investigation of physicochemical and antioxidant properties of gelatin edible film mixed with blood orange (*Citrus sinensis*) peel extract. *Food Packaging and Shelf Life*, 21, 100342. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100342>
- Khan, M.K., Zill-E-Huma, & Dangles, O. (2014). A comprehensive review of flavanones, the major citrus polyphenols. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1), 85–104. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2013.11.004>.
- Khatun, M., Ahmed, M. W., Hossain, M. M., Karmoker, P., & Iqbal, A. (2021). Utilization of banana peel flour in biscuit making as wheat flour substitute. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(6). <https://doi.org/10.24018/ejfood.2021.3.6.407>
- Khoozani, A. A., Kebede, B., Birch, J., & Bekhit, A.-E.-D. (2020). The effect of bread fortification with whole green banana flour on its physicochemical, nutritional and in vitro digestibility. *Foods*, 9(2), 152. <https://doi.org/10.3390/foods9020152>
- Kookal, S. K., & Thimmaiah, A. (2018). Nutritional composition of staple food bananas of three cultivars in India. *American Journal of Plant Sciences*, 9(12), 2480-2493.
- Kumar, P., Durgadevi, S., Saravanan, A., Uma, S. (2019). Antioxidant Potential and Antitumour Activities of Nendran Banana Peels in Breast Cancer Cell Line. *Indian J Pharm Sci* 81(3),464-473. <https://doi.org/10.36468/pharmaceutical-sciences.531>
- Laufenberg, G., Kunz, B., and Nystroem, M. (2003). Transformation of plant waste into value-added products: (A) the concept of improvement; (B) practical implementations. *Biological Resources Technology*, 87(2), 167–198. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00167-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00167-0).
- Leon-Mendez, Glicerio, Leon-Mendez, Deisy, Pajaro-Castro, Nerlis, Granados-Conde, Clemente, Granados-Llamas, Edgard, & Bahoque Peña, María José. (2020). Elaboración de una galleta a base de harinas de plátano pelipita (*Musa abb*) y de

- batata (*Ipomea batatas*). *Revista chilena de nutrición*, 47(3), 406-410.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000300406>
- Liu, T., Hou, G. G., Cardin, M., Marquart, L., & Dubat, A. (2017). Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution. *LWT*, 77, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.017>
- Lozano Mariles, R. E. (2020). *Galleta enriquecida con harina de cáscara de naranja: Efecto en su composición fisicoquímica, calidad sensorial y digestibilidad* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Durango].
<https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/4962/4/Tesis%20Ruben%20Eli%20Lozano%20Mariles.pdf>
- Lozano, M., Achulla, P. B., & Flores Alarcón, J. E. (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*. *Revista de Investigación Científica Tayacaja*, 3(2). <https://doi.org/10.46908/rict.v3i2.129>
- Machuca Flores, M. L., & Meyhuay Soto, F. J. (2017). Evaluación nutricional de galletas dulces con sustitución parcial por harina de arroz (*Oryza sativa*) y harina de lenteja (*Lens culinaris*). [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4775>
- Mahloko, L. M., Silungwe, H., & Mashau, M. 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, M. H., Abou-Arab, A. A., & Abu-Salem, F. M. (2017). Preparation of orange peel biscuits enriched with phenolic compounds as natural antioxidants. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 8(4), 798–807.
https://www.rjpbcs.com/pdf/2017_8%284%29/%5B120%5D.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Mohd Dom, Z., Azhar, A. Z., & Masaudin, S. N. A. (2023). Utilization of Banana Peel as Functional Ingredient in Product Development. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 4(1). <https://doi.org/10.36877/aafrij.a0000209>
- Mohd, Z., Mujianto, L., Azhar, A., Masaudin, S., Samsudin, R. (2021). Physicochemical properties of banana peel powder in functional food products. *Food Research*, 5, 209 – 215. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(S1\).037](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(S1).037)

- Montes Tornero, R. L. (2014). Determinación de las características nutricionales y organolépticas de galletas enriquecidas con harina trigo (*triticum aestivum* L.) y harina de haba (*vicia faba* L.). [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/96>
- Morais, D. R., Rotta, E. M., Sargi, S. C., Schmidt, E. M., Bonafe, E. G., Eberlin, M. N., Sawaya, A. C. H. F., & Visentainer, J. V. (2015). *Antioxidant activity, phenolics and UPLC–ESI(–)–MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. Food Research International, 77, 392–399.* <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.036>
- Moya Cuba, Gladys Yolanda (2021). Los residuos sólidos como oportunidad económica para reducir la contaminación ambiental en la ciudad de Chiclayo. Tesis para optar el título profesional de Abogado. Universidad Señor de Sipán. Pimentel, Perú. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9651>
- Muñoz Alcívar, Milton (2020). Desarrollo de una galleta a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por las obtenidas de las cáscaras de naranja (*Citrus × sinensis*) y zanahoria (*Daucus carota*). Tesis de titulación. Universidad Católica de Santiago de Suayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15267>
- Muñoz, J. P. (2025). Harinas de cáscaras de maracuyá, naranja y pitahaya como alternativa sostenible para la industria alimentaria. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria, 45(3), 263–269.* <https://doi.org/10.12873/453munoz>
- Nilusha, R. A. T., Jayasinghe, J. M. J. K., Perera, O. D. A. N., Perera, P. I. P., & Jayasinghe, C. V. L. (2021). Proximate composition, physicochemical, functional, and antioxidant properties of flours from selected cassava. <https://doi.org/10.1155/2021/6064545>
- Nisar, N., Mustafa, F., Tahir, A., Qadri, R., Yang, Y., Khan, M. I., & Wang, F. (2020). Proximate composition, functional properties and quantitative analysis of benzoyl peroxide and benzoic acid in wheat flour samples: effect on wheat flour quality. *PeerJ, 8, e8788.* <https://doi.org/10.7717/peerj.8788>
- Nitisuk, P., Wanyo, P., Chamsai, T., & Charoenjit, K. (2025). *Sustainable valorization of tropical fruit peels for sustainable production of natural antioxidants and functional food ingredients. Sustainable Food Technology, 3(4), 1189–1202.* <https://doi.org/10.1016/j.susfoo.2025.05.009>
- Ocas Quiliche, Luz Marina (2020). Rendimiento de pectina de la cáscara de naranja (*citrus sinensis* L.) A diferentes valores de pH y tiempos de extracción. Tesis para

- obtener el título de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Cajamarca. Perú. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4160>
- Okpala, L. C., & Akpu, M. N. (2013). Effect of Orange Peel Flour on the Quality Characteristics of Bread. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 4(5), 823–830. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2014/6610>
- Omah, E. C., & Okafor, G. I. (2015). Selected functional properties, proximate composition of flours and sensory characteristics of cookies from wheat and millet-pigeon pea flour blends. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(9), 581. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.581.585>
- Ortiz-Sanchez, M., Cardona Alzate, C. A., & Solarte-Toro, J. C. (2024). *Orange peel waste as a source of bioactive compounds and valuable products: Insights based on chemical composition and biorefining*. *Biomass*, 4(1), 107–131. <https://doi.org/10.3390/biomass4010006>
- Oyinloye, P., Ajala, A., Asogwa, N., & Galani, Y. (2023). Fortification of dough with moringa, coriander, and amaranth improves the nutritional composition, health-benefiting properties, and sensory attributes of Nigerian wheat bread. *Food Science & Nutrition*, 12(1), 615–626. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3753>
- Ozturk, B., Parkinson, C., & González-Miquel, M. (2018). Extraction of polyphenolic antioxidants from orange peel residues using deep eutectic solvents. *Separation and Purification Technology*, 206, 1–13. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2018.05.052>.
- Paucar Hinostroza, U. (2014). Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y harina de bagazo de naranja Valencia (*Citrus sinensis* L.) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/items/a3dce3c6-4a05-410d-ba83-c43ab94abab9>
- Pereira, A., & Maraschin, M. (2015). Banana (*Musa* spp) from peel to pulp: ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *Journal of ethnopharmacology*, 160, 149-163. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.11.008>
- Pérez, L. (2020). *Galleta enriquecida con harina de cáscara de naranja: Efecto en su composición fisicoquímica, calidad sensorial y digestibilidad*. Tecnológico Nacional de México. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4962>
- Pomasa, P., Sai-Ut, S., Takeungwongtrakul, S. & Techavuthiporn, C. (2025). *Valorization of banana peel by-product: An innovative component for gluten-free*

- cookies rendered with corn flour. Journal of Agriculture and Food Research, 19,* 101744. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101744>
- Ponce Rosas, F. C. (2018). *Características físicoquímicas, sensoriales y bioactivas del pan de trigo sustituido parcialmente con harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca L.)* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2389>
- Puraikalan Y. (2018). Caracterización proximal, fitoquímica y análisis antioxidante de cáscaras de plátano (*Musa sapientum*) y evaluación objetiva de un producto listo para consumir/cocinar elaborado con cáscaras de plátano. *Curr Res Nutr Food Sci* 2018;6(2). <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.2.13>
- Quimis Moreira, O. J., Reyna Arias, K. S., Lainez López, S., & Flores Holguín, L. E. (2020). Aceptabilidad de galletas con diferentes concentraciones de harinas de quinua, plátano, avena y endulzantes. *Revista ESPAMCIENCIA*, 11(1). <https://portal.amelica.org/ameli/journal/527/5272432006/html/>
- Quispe Cusi, M. N. (2016). Desarrollo de galletas dulces funcionales con harina de trigo, harina de plátano, semillas de ajonjolí y pulpa de guanábana [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstreams/21b4c026-e240-40ba-ba84-ce165f52bb9a/download>
- Ratnawati, L., Desnilasari, D., Surahman, D. N., & Kumalasari, R. (2019). Evaluation of physicochemical, functional and pasting properties of soybean, mung bean and red kidney bean flour as ingredient in biscuit. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 251, No. 1, p. 012026). <http://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012026>
- Riberio, L., Barbosa, I., de SÁ, Daniela., da Silva, Janine., da Matta, Virginia & Freitas, Suely. Stability evaluation of juçara, banana and strawberry pasteurized smoothie during storage. 2020. <https://doi.org/10.1590/fst.01319>
- Rincón, A. M., Vásquez, A. M., & Padilla, F. C. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55(3), 305–310. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000300013

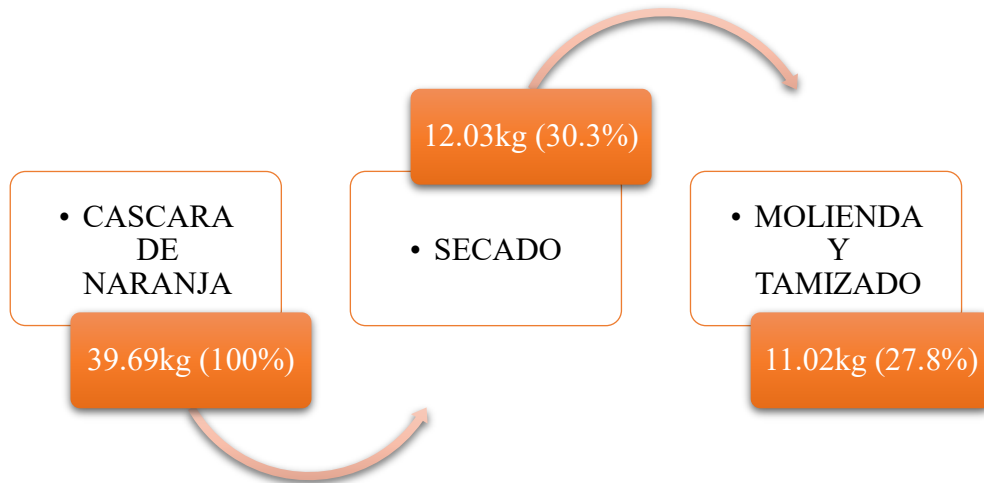
- Rolewicz-Kalińska, A.; Lelicińska-Serafin, K.; Manczarski, P. The Circular Economy and Organic Fraction of Municipal Solid Waste Recycling Strategies. *Energies* 2020, 13, 4366. <https://doi.org/10.3390/en13174366>
- Roni, R. A., Sani, M. N. H., Munira, S., Wazed, M. A., & Siddiquee, S. (2021). Nutritional Composition and Sensory Evaluation of Cake Fortified with *Moringa oleifera* Leaf Powder and Ripe Banana Flour. *Applied Sciences*, 11(18), 8474. <https://doi.org/10.3390/app11188474>
- Sau, S., Bhattacharjee, P., Kundu, P., & Mandal, D. (2023). Banana. In *Tropical and Subtropical Fruit Crops* (pp. 1-62). Apple Academic Press. <https://dx.doi.org/10.5040/9798400687860.0009>
- Sharma, R., Devi, A., & Jood, S. (2021). *Functional, physicochemical, and antioxidant properties of flour and cookies from two different banana varieties*. **Foods**, 10(6). <https://doi.org/10.3390/foods10061211>
- Shewry PR, Hey S (2015) The contribution of wheat to human diet and health. *Food Energy Security* 4: 178–202. <https://doi.org/10.1002/fes3.64>
- Sierra, K. (2021). Elaboración y caracterización de una película biodegradable utilizando cáscara de naranja (*Citrus X sinensis*). Proyecto Especial de Graduación. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7011>
- Teke, N. V., Patil, K. W., & Gavitt, H. J. (2023). Formulation of healthy cookies incorporated with orange peel powder and *Moringa oleifera* leaf powder. *Materials Today: Proceedings*, 73(3), 515–521. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.376>
- Thakur, N., & Saxena, D. C. (2016). *Phytochemicals, antioxidant activity and quality properties of fibre-enriched cookies incorporated with orange peel powder*. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 5(9), 1–7. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(4\).698](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(4).698)
- Tisserant, A., Pauliuk, S., Merciai, S., Schmidt, J., Fry, J., Wood, R. y Tukker, A. (2017), Residuos sólidos y economía circular: un análisis global del tratamiento de residuos y la huella de residuos. *Journal of Industrial Ecology*, 21: 628-640. <https://doi.org/10.1111/jiec.12562>
- Tovar-Arce, A. K. (2017). *Valoración integral de cáscaras de naranja mediante extracción de pectina y elaboración de carbón activado*. (Tesis Maestría). Centro

- de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. Querétaro, México. <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/191>
- Ture, E. (2023). Effect of grass pea and orange peel flour addition on the quality of sorghum flour. *Cogent Food & Agriculture* 10,1. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2272368>
- Vieira, É. de A., Coêlho, J. G. S., Grisi, C. V. B., dos Santos, B. S., da Silva Júnior, J. C., Alcântara, M. A., de A. Meireles, B. R. L., dos Santos, N. A., & de M. Cordeiro, A. M. T. (2022). *Correlation and influence of antioxidant compounds of peels and pulps of different species of cacti from Brazilian Caatinga biome using principal component analysis. South African Journal of Botany*, 147, 434–442. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.02.005>
- Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2018). *Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. Journal of Functional Foods*, 40, 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.006>
- Wanderley, R. de O. S., Figueirêdo, R. M. F., Queiroz, A. J. de M., Santos, F. S. dos, Silva, A. P. de F., Paiva, Y. F., Moura, H. V., Silva, E. T. de V., Carvalho, A. J. de B. A., Lima, M. dos S., Campos, A. R. N., Gregório, M. G., & Lima, A. G. B. de. (2023). *Effect of drying temperature on antioxidant activity, phenolic compound profile and hygroscopic behavior of pomegranate peel and seed flours. LWT - Food Science and Technology*, 189, 115514. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115514>
- Yee Van Fan, Jiří Jaromír Klemeš, Timothy Gordon Walmsley, Botond Bertók, Implementing Circular Economy in municipal solid waste treatment system using P-graph, *Science of The Total Environment*, Volume 701, 2020, 134652, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134652>.
- Zaini, H. M., Roslan, J., Saallah, S., Munsu, E., Sulaiman, N. S., & Pindi, W. (2022). *Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. Journal of Functional Foods*, 92, 105054. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105054>
- Zaki, A. H., Gazwi, H. S. S., Hamed, M. M., Galal, S. M., Almeahadi, A. M., Almuraee, A. A., Alqurashi, A. F., & Yassien, E. E. (2024). The synergistic potential of orange peel extract: A comprehensive investigation into its phenolic composition, antioxidant, antimicrobial, and functional fortification properties in yogurt. *Food Chemistry: X*, 22, 101458. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101458>

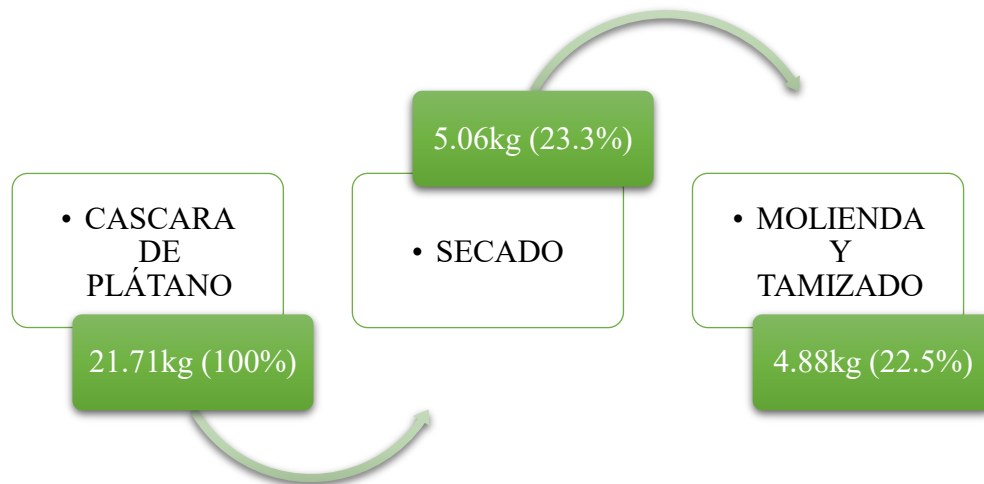
VIII. ANEXO

RENDIMIENTO DE MATERIA PRIMA

Anexo 1 Rendimiento de la cascara de naranja



Anexo 2 Rendimiento de la cascara de plátano



ELABORACIÓN DE HARINA DE CASCARA DE NARANJA

Anexo 3 Pesado de la cascara de naranja



Anexo 4 Lavado y desinfección de cascara de naranja



Anexo 5 Secado de la cascara de naranja



Anexo 6 Molienda de cascara de naranja



ELABORACIÓN DE HARINA DE CASCARA DE PLÁTANO

Anexo 7 Pesado de la cascara de plátano



Anexo 8 Cortado de la cascara de plátano



Anexo 9 Lavado y desinfectado de cascara de plátano



Anexo 10 Secado de la cascara de plátano



ELABORACIÓN DE GALLETAS

Anexo 11 Pesado de insumos secos y húmedos



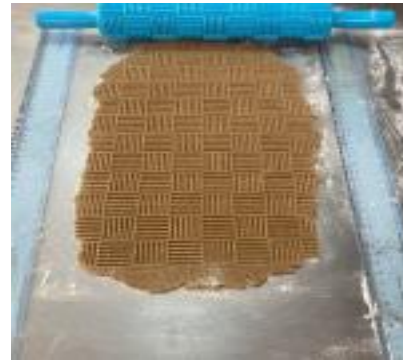
Anexo 12 Cremado y mezcla de insumos



Anexo 13 Formación de la masa



Anexo 14 Laminado



Anexo 15 Acondicionamiento



Anexo 16 Horneado de las galletas



Anexo 17 Formulaciones de galletas

F0



F1



F2



F3



F4



F5



F6



F7



F8



F9



F10



F11



ANÁLISIS DE TEXTURA

Anexo 18 Preparación de parámetros



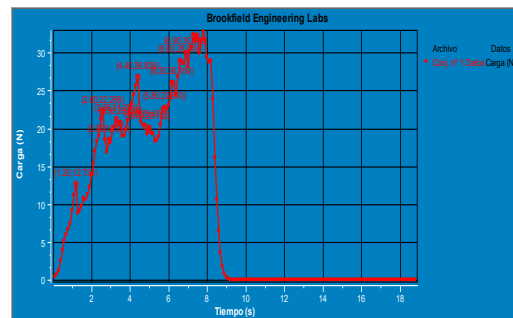
Anexo 19 Medición de galletas



Anexo 20 Colocación de muestras



Anexo 21 Lectura de resultados



ANÁLISIS COLORIMÉTRICO

Anexo 22 Colocación de la muestra

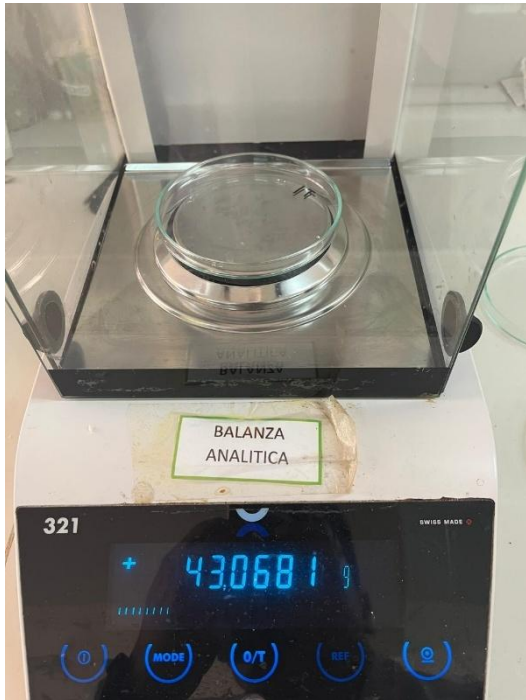


Anexo 23 Lectura de resultados



ANÁLISIS DE HUMEDAD

Anexo 24 Pesado de placas Petri vacías



Anexo 25 Pesado de muestras



Anexo 26 Muestra a estufa

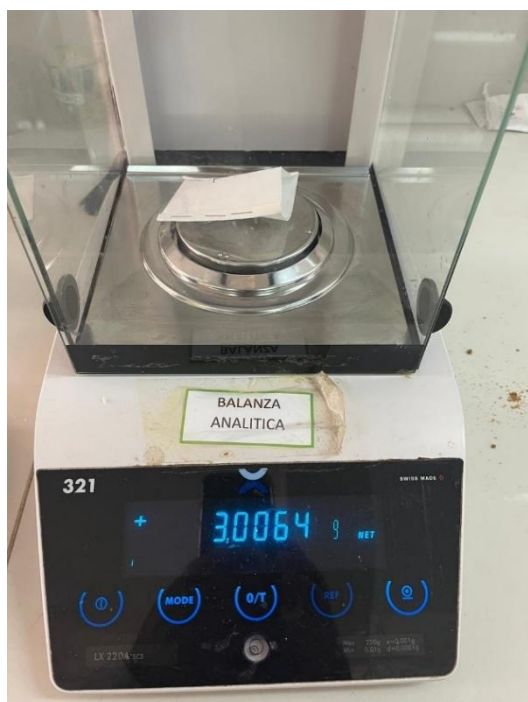


Anexo 27 Obtención de muestras secas



ANÁLISIS DE GRASAS

Anexo 28 Pesado de muestras en papel filtro



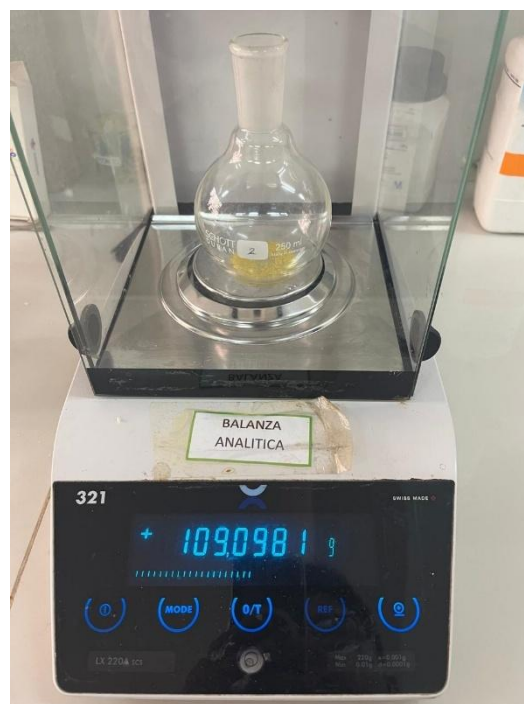
Anexo 29 Pesado de matraz de fondo redondo



Anexo 30 Colocación de la muestra en el Soxhlet



Anexo 31 Pesado de grasa extraída en matraz



ANÁLISIS DE CENIZAS

Anexo 32 Pesado de crisoles vacíos



Anexo 33 Pesado de muestras



Anexo 34 Muestras en la mufla



Anexo 35 Pesado de muestras de ceniza



ANÁLISIS DE PROTEÍNAS

Anexo 36 Pesado de muestras



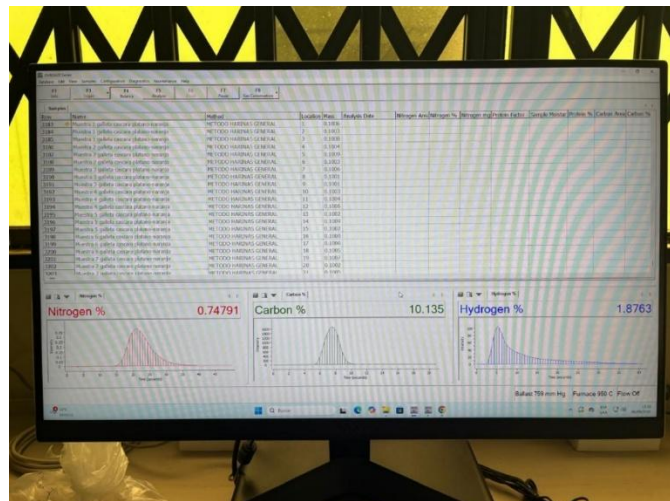
Anexo 37 Acondicionamiento



Anexo 38 Colocación de muestras en el equipo DUMAS



Anexo 39 Lectura de resultados



ANÁLISIS DE FIBRA

Anexo 40 Pesado de crisoles



Anexo 41 Pesado de muestras



Anexo 42 Pesado de buffer fosfato



Anexo 43 Muestra + buffer fosfato



Anexo 44 Enzimas



Anexo 45 Baño maría 80°C + enzima alfa amilasa



Anexo 46 Ajuste de pH 7.5 con NaOH



Anexo 47 Baño maría 60°C + enzima proteasa



Anexo 48 Ajuste de pH 4-4.6 con HCl



Anexo 49 Baño maría 60°C + enzima amilogucosidasa



Anexo 50 Adición de alcohol 96°



Anexo 51 Montado de muestras y crisoles en el equipo



Anexo 52 Retiro de los residuos



Anexo 53 Secado de residuos



Anexo 54 Pesado del residuo



Anexo 55 Muestra seca a mufla



Anexo 56 Pesado de cenizas

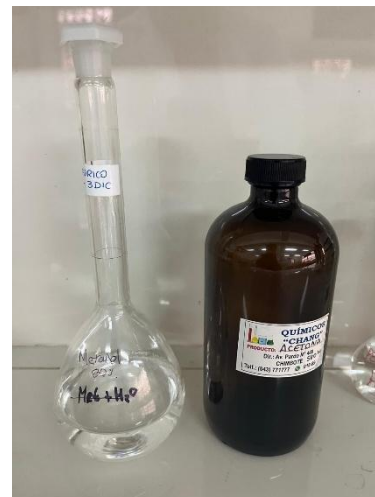


EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Anexo 57 Pesado de muestras



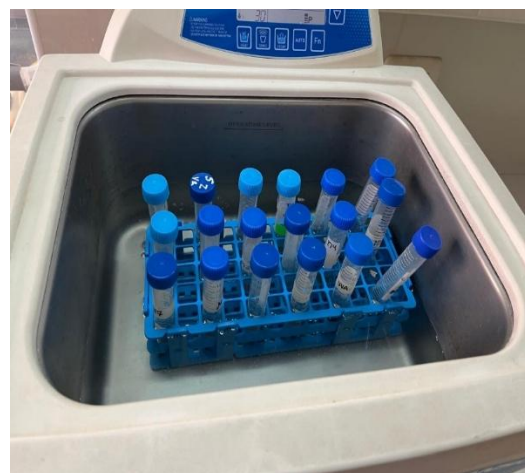
Anexo 58 Metanol y acetona



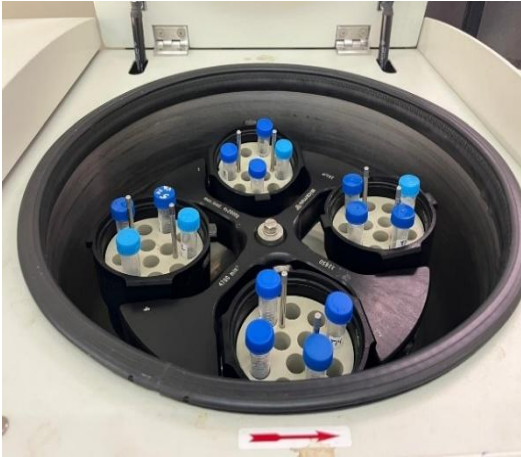
Anexo 59 Adición de metanol



Anexo 60 Baño ultrasonido de muestras con metanol



Anexo 61 Centrifugación de muestras con metanol



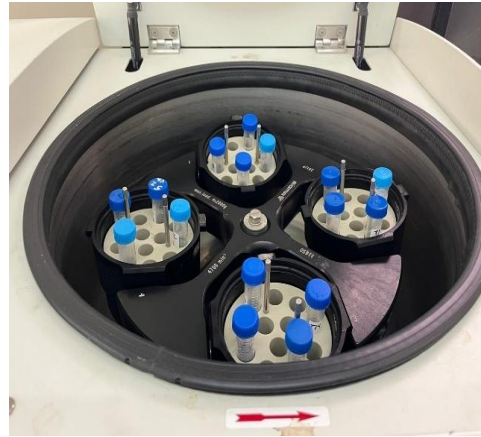
Anexo 62 Adición de acetona



Anexo 63 Baño ultrasonido de muestras con acetona



Anexo 64 Centrifugación de muestras con acetona



Anexo 65 Separación de muestras extraídas

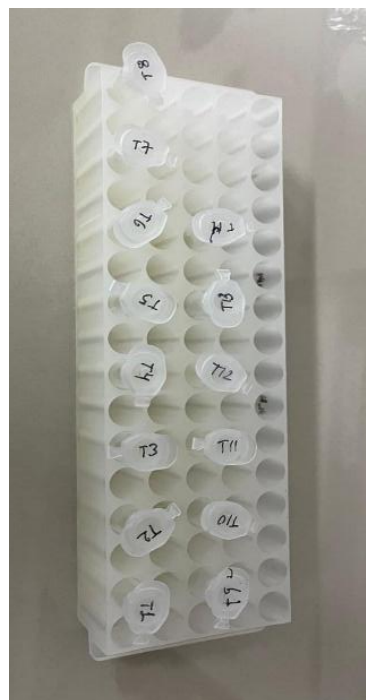


ANÁLISIS DE POLIFENOLES

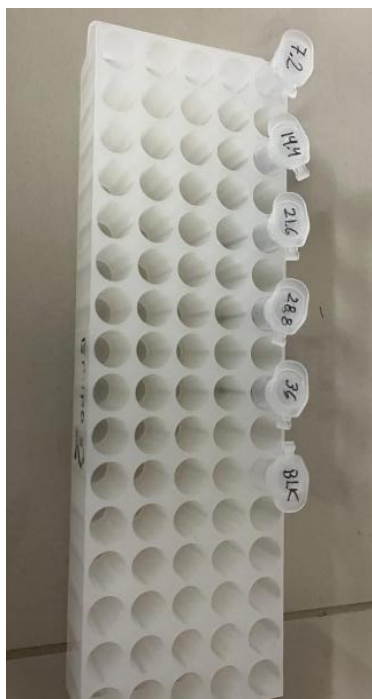
Anexo 66 Acido gálico, carbonato de sodio y Folin-Ciocalteu



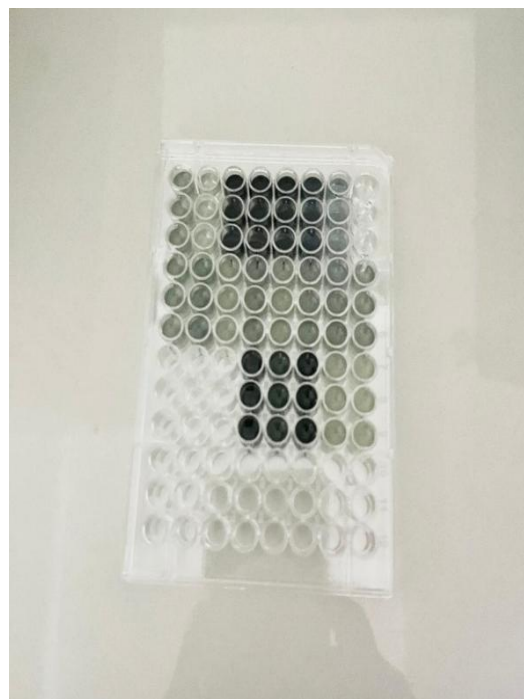
Anexo 67 Separación de muestras extraídas



Anexo 68 Curva de calibración



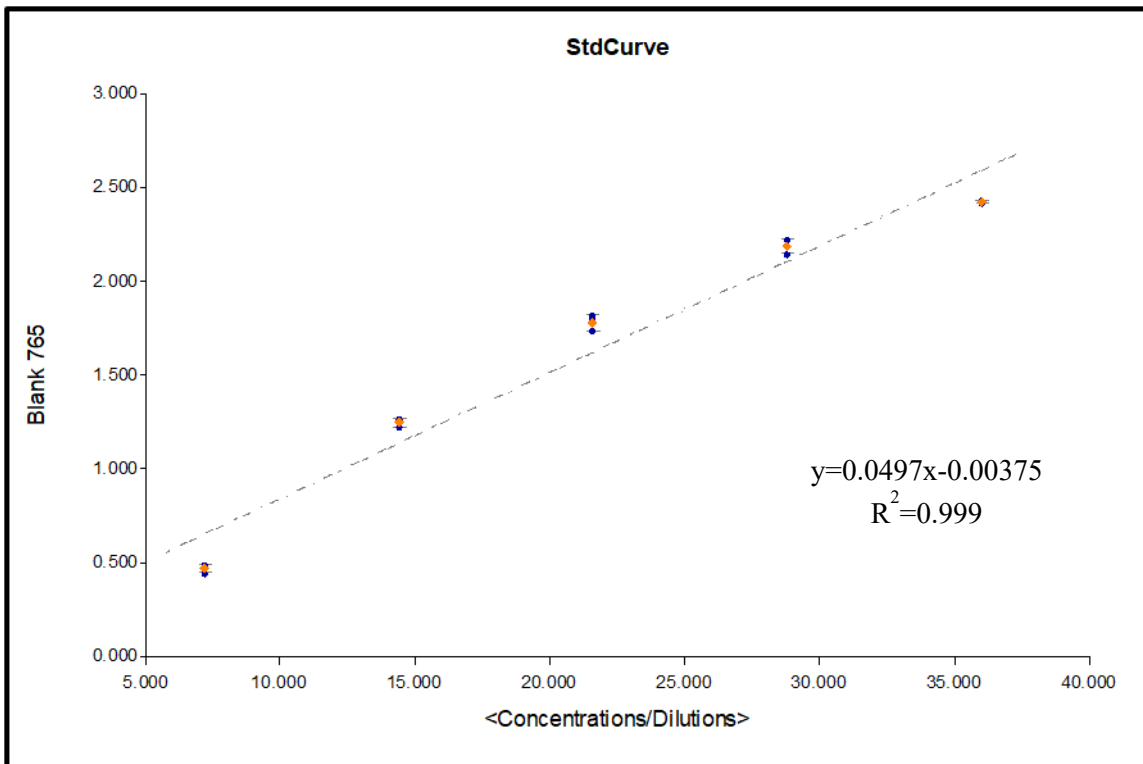
Anexo 69 Muestras en microplaca



Anexo 70 Lector multimodal



Anexo 71 Curva de calibración de los polifenoles

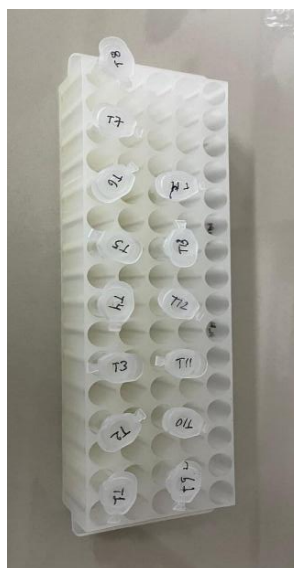


ANÁLISIS DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

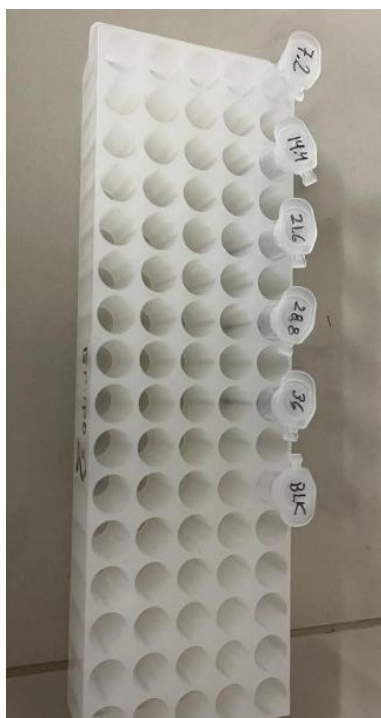
Anexo 72 Reactivos Trolox y DPPH



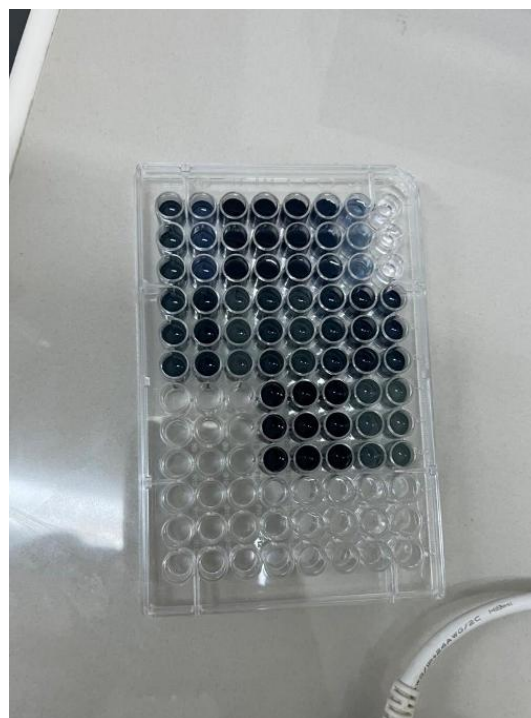
Anexo 73 Separación de muestras extraídas



Anexo 74 Curva de calibración



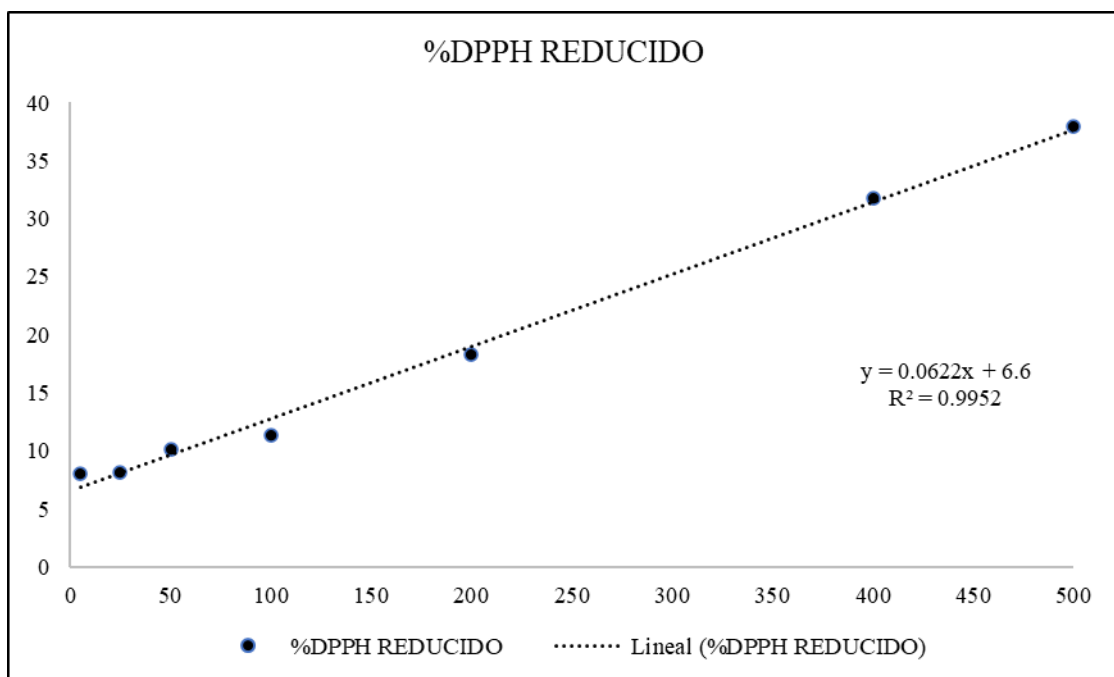
Anexo 75 Muestras en microplaca



Anexo 76 Lector multimodal



Anexo 77 Curva de calibración de la capacidad antioxidante



ANÁLISIS SENSORIAL

Anexo 78 Ficha de análisis sensorial

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

I. Usted está recibiendo una serie de muestras de galletas codificadas. Evalúe y califique cada una de ellas de acuerdo a los atributos sensoriales indicados (color, olor, sabor y textura), utilizando la escala de puntuación que se presenta a continuación.

Puntaje	Calificación
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta ligeramente
4	Ni me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Coloque el puntaje en el siguiente recuadro:

Muestra	Color	Olor	Sabor	Textura
COD: 123				
COD: 234				
COD: 345				
COD: 456				
COD: 567				
COD: 678				
COD: 789				
COD: 910				
COD: 1011				
COD: 1112				
COD: 1213				
COD: 1314				

II. Luego de haber degustado la muestra, indique su grado de intención de compra completando el siguiente cuadro, según la escala establecida.

Puntaje	Calificación
5	Definitivamente la compraría
4	Probablemente la compraría
3	No estoy seguro
2	Probablemente no la compraría
1	Definitivamente no la compraría

Coloque el puntaje en el siguiente recuadro:

COD: 123	COD: 234	COD: 345	COD: 456	COD: 567	COD: 678
COD: 789	COD: 910	COD: 1011	COD: 1112	COD: 1213	COD: 1314

Finalmente, indique el orden de preferencia de las muestras, colocando en el siguiente espacio el *Top 3* de las galletas que consideró más agradables durante la evaluación.

> >

¡Muchas gracias por su colaboración!

Anexo 79 Degustación de panelistas

