

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“Elaboración de galletas dulces a base de sangrecita, harina de
maíz morado (*Zea mays L.*) y cereales andinos”**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Agroindustrial**

Autores:

Bach. Barrionuevo Fernandez, Dennis Jack

Bach. Castro Gomez, Jhazmin Danitza

Asesora:

Dra. Paucar Menacho, Luz María

D.N.I. N° 08099817

Código ORCID: 0000-0001-5349-6167

**Nuevo Chimbote – Perú
2025**

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



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadro 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 de la denominación siguiente

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
“ELABORACIÓN DE GALLETAS A BASE DE SANGRECITA, HARINA,
HARINA DE MAIZ MORADO (ZEA MAYS L.) Y CEREALES ANDINOS”

Autores

Bach. Barrionuevo Fernandez Dennis Jack

Bach. Castro Gomez Jhazmin Danitza

Dra. Luz María Paucar Menacho

ASESORA

DNI: 08099817

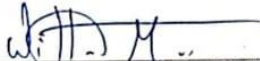
Código Orcid: 000-0001-5349-6167

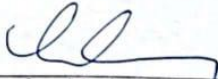
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente trabajo de tesis titulado “ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES A BASE DE SANGRECITA, HARINA DE MAIZ MORADO (ZEA MAYS L.) Y CEREALES ANDINOS” para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres: Barrionuevo Fernandez Dennis Jack, con código de matrícula N° 0201912009 y Castro Gomez Jhazmin Danitza, con código de matrícula N° 0201912016, que tienen como Asesor al docente Dra. Luz María Paucar Menacho designado por resolución N° 347-2023-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 11 de abril del 2025 por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N° 087-2025-UNS-CFI. Revisado y evaluado por el siguiente jurado evaluador.


Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Presidente
DNI: 40169364
Código ORCID: 0000-0001-6917-1009


Dra. Luz Maria Paucar Menacho
Secretario
DNI: 08099817
Código ORCID: 0000-0001-5349-6167


Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca
Integrante
DNI: 18146173
Código ORCID: 0000-0003-4326-1852

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 09:00 horas del día once de abril del dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 087-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr Williams Esteward Castillo Martínez** (Presidente)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Secretario)
- **Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca** (Integrante)
- **Ms. Juan Carlos Vásquez Guzmán** (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

“ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES A BASE DE SANGRECITA, HARINA DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) Y CEREALES ANDINOS”, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **BARRIONUEVO FERNANDEZ DENNIS JACK**
- **CASTRO GOMEZ JHAZMIN DANITZA**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Luz María Paucar Menacho**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

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 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
BARRIONUEVO FERNANDEZ DENNIS JACK	19	Excelente

Siendo las 10:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 11 de abril del 2025.



Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Presidente



Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretario



Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca
Integrante

Av. Universitaria s/n Urb. Bellamar – Nuevo Chimbote ☎ 310445 Anexo 1089. Email: epia@uns.edu.pe

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 09:00 horas del día once de abril del dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 087-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dr Williams Esteward Castillo Martínez (Presidente)
- Dra. Luz María Paucar Menacho (Secretario)
- Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca (Integrante)
- Ms. Juan Carlos Vásquez Guzmán (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

“ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES A BASE DE SANGRECITA, HARINA DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) Y CEREALES ANDINOS”, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- BARRIONUEVO FERNANDEZ DENNIS JACK
- CASTRO GOMEZ JHAZMIN DANITZA

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Luz María Paucar Menacho**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

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 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

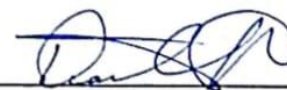
NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
CASTRO GOMEZ JHAZMIN DANITZA	19	Excelente

Siendo las 10:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 11 de abril del 2025.


Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Presidente


Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretario


Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca
Integrante

Av. Universitaria s/n Urb. Bellamar – Nuevo Chimbote 310445 Anexo 1089. Email: epia@uns.edu.pe



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: Luz Paucar Menacho
Título del ejercicio: Elaboración de galletas dulces a base de sangrecita, harina de ...
Título de la entrega: Tesis - Barrionuevo y Castro - Elaboración de galletas dulces ...
Nombre del archivo: Tesis_-_Barrionuevo y Castro_-_Elaboración_de_galletas_d ...
Tamaño del archivo: 8.19M
Total páginas: 179
Total de palabras: 33,885
Total de caracteres: 180,169
Fecha de entrega: 22-feb.-2025 12:41p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2595516040

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



"Elaboración de galletas dulces a base de sangrecita, harina de
maíz morado (Zea mays L.) y cereales andinos"

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor(es):

Rodr. Barrionuevo y Castro, Doraetha Pach

Fuente Castro Gomez, Barrionuevo Doraetha

Autor(es):

Dra. Luz María Paucar Menacho

DNI 876600017

Código ORCID: 0000-0001-3749-6367

Nuevo Chimbote - Perú
2025

Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Tesis - Barrionuevo y Castro - Elaboración de galletas dulces a base de sangrecita, harina de maíz morado (Zea mays L.) y cereales andinos.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	20%	2%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJO DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	15%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	revistas.untrm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	purl.org Fuente de Internet	<1%
7	1library.co Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.utm.edu.ec:3000 Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unajma.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1%
11	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.unf.edu.pe Fuente de Internet	<1%
13	Submitted to UPAEP: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla Trabajo del estudiante	<1%

DEDICATORIA

Agradecemos a Dios por su guía y apoyo en este proyecto de investigación, que nos inspiró y nos permitió perseguir uno de nuestros mayores sueños.

Muchas gracias a nuestros padres por su amor, sacrificios y fortaleza a lo largo de los años. Su compromiso es esencial para el progreso y el éxito. Siempre estamos agradecidos por todo lo que han hecho por nosotros y siempre nos inspira.

A nuestra asesora la Dra. Luz María Paucar Menacho quien nos ha apoyado, trabajó exitosamente y compartió sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Damos gracias a Dios por caminar con nosotros en la carrera y guiarnos en el camino.

A nuestros padres que guían nuestro camino y nos alientan y apoyan cuando lo necesitamos.

A los ingenieros que dirigen el IITA, los ingenieros Darwin, Janet, Melissa, William y Juanita, por su interés, apoyo y comprensión mientras realizaban y evaluaban nuestra investigación.

Al ingeniero Lenin, al Ms. John y al Dr. Williams. Gracias por su interés, orientación y dirección en esta investigación.

Estamos muy agradecidos con nuestra asesora y mentora, la Dra. Luz María Paucar Menacho. Sin su paciencia, conocimiento, cuidado y perseverancia, este trabajo no sería posible. Su invaluable contribución profesional fue fundamental para el éxito de este programa y permanecerá para siempre en la historia de nuestra universidad.

Finalmente, nos gustaría agradecer a las autoridades universitarias por sus esfuerzos para financiar esta investigación a través de subvenciones financieras. Nos tomamos en serio esta responsabilidad y confiamos en que esta inversión pública traerá los resultados esperados a la sociedad en un futuro próximo.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	9
RESUMEN	19
ABSTRACT	20
I. INTRODUCCIÓN	21
II. MARCO TEÓRICO	26
2.1. Sangre de Pollo.....	26
2.1.1. Generalidades.....	26
2.1.2. Composición nutricional.....	26
2.1.3. Harina de Sangre de Pollo	26
2.2. Maíz morado	26
2.2.1. Generalidades.....	26
2.2.2. Origen del Maíz morado.....	27
2.2.3. Propiedades del Maíz Morado.....	28
2.2.4. Taxonomía del Maíz Morado	29
2.2.5. Taxonomía del Maíz Morado.....	29
2.2.6. Composición química del Maíz Morado	29
2.2.7. Beneficios del Maíz Morado	30
2.3. Cañihua	30
2.3.1. Generalidades.....	30
2.3.2. Descripción Botánica de la Cañihua.....	31
2.3.3. Harina de Cañihua.....	32
2.3.4. Valor Nutricional de la Harina de Cañihua.....	32
2.4. Kiwicha	32
2.4.1. Generalidades.....	32
2.4.2. Harina de Kiwicha	33
2.4.3. Aporte Nutricional de la Harina de Kiwicha	33
2.5. Quinua.....	33

2.5.1.	Generalidades.....	33
2.5.2.	Harina de Quinoa	34
2.5.3.	Composición Nutricional de la Quinoa	34
2.6.	Galletas.....	34
2.6.1.	Generalidades.....	34
2.6.2.	Características de la galleta.....	35
2.6.3.	Criterios fisicoquímicos de las galletas.....	35
2.7.	Polifenoles totales	36
2.8.	Capacidad antioxidante	36
2.9.	Prueba de Basker	37
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.	Lugar de ejecución.....	38
3.2.	Materiales y equipos	38
3.2.1.	Materia prima	38
3.2.2.	Insumos	38
3.2.3.	Equipos.....	39
3.2.3.2.	Elaboración de galletas.....	39
3.2.3.3.	Análisis químico proximal de las harinas y formulación óptima de las galletas.....	40
3.2.3.4.	Análisis Fisicoquímico de las harinas y las 25 formulaciones de galletas.....	41
3.2.3.5.	Análisis de actividad antioxidante y polifenoles totales de las harinas y las 25 formulaciones de galletas	42
3.2.3.6.	Equipos complementarios.....	42
3.2.4.	Materiales de laboratorios y otros.....	43
3.2.5.	Reactivos	43
3.3.	Metodología.....	44
3.3.1.	Proceso de obtención de harinas.....	46
3.3.1.1.	Harina de sangre de pollo	46
3.3.1.2.	Harina de maíz morado	48
3.3.1.3.	Harina de cañihua.....	50
3.3.1.4.	Harina de kiwicha.....	52

3.3.1.5.	Harina de quinua	54
3.3.2.	Proceso de elaboración de galletas	56
3.3.3.	Método de caracterización de las materias primas.....	58
3.3.3.1.	Determinación de la composición proximal	58
3.3.3.2.	Determinación de las características tecnológicas.....	59
3.4.	Diseño Experimental.....	59
3.4.1.	Variables independientes	59
3.4.2.	Variables dependientes	59
3.4.3.	Diseño estadístico	59
3.4.4.	Análisis estadístico	60
3.4.5.	Formulación de las galletas.....	60
3.4.6.	Metodología de evaluación de la calidad de las galletas.....	61
3.4.7.	Elección de la formulación optima	65
3.4.8.	Composición proximal de la formulación óptima	65
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	67
4.1.	Caracterización de materias primas.....	67
4.1.1.	Composición proximal	67
4.1.1.1.	Harina de sangrecita.....	67
4.1.1.2.	Harina de maíz morado	68
4.1.1.3.	Harina de cañihua.....	68
4.1.1.4.	Harina de kiwicha.....	69
4.1.1.5.	Harina de quinua	70
4.1.2.	Colorimetría.....	70
4.1.2.1.	Harina de sangrecita.....	70
4.1.2.2.	Harina de maíz morado	71
4.1.2.3.	Harina de cañihua.....	72
4.1.2.4.	Harina de kiwicha.....	72
4.1.2.5.	Harina de quinua	73
4.1.3.	Polifenoles totales	74
4.1.4.	Actividad antioxidante.....	74

4.2.	Evaluación de calidad de galletas.....	76
4.2.1.	Textura instrumental (Dureza).....	76
4.3.1.	Colorimetría.....	82
4.3.1.1.	Luminosidad	84
4.3.1.2.	Cromaticidad	90
4.3.1.3.	Ángulo de tonalidad.....	92
4.3.2.	Polifenoles totales	94
4.3.3.	Actividad antioxidante	101
4.3.4.	Análisis sensorial.....	107
4.3.4.1.	Evaluación olor sensorial.....	108
4.3.4.2.	Evaluación sabor sensorial	113
4.3.4.3.	Evaluación color sensorial.....	119
4.3.4.4.	Evaluación intención de compra	123
4.3.4.5.	Evaluación textura sensorial	129
4.4.	Optimización para determinar la formula optima	135
4.5.	Caracterización de la formula optima.....	136
4.5.1.	Composición proximal.....	136
V.	CONCLUSIONES.....	137
VI.	RECOMENDACIONES	138
VII.	BIBLIOGRAFIA	138

Tabla 1.	Aporte nutricional de la sangre de pollo (g/100 g).	26
Tabla 2.	Taxonomía del maíz morado.	29
Tabla 3.	Contenido por cada 100 gramos de porción comestible de maíz.	29
Tabla 4.	Clasificación Botánica de Chenopodium pallidicaule Aellen (“Cañihua”)......	31
Tabla 5.	Información nutricional de la harina de cañihua.	32
Tabla 6.	Aporte nutricional de la Harina de Kiwicha (en 100 g).	33
Tabla 7.	Composición nutricional de la quinua en porcentaje.	34
Tabla 8.	Criterios fisicoquímicos de las galletas.	35
Tabla 9.	Formulación control planteada en la elaboración de galletas.	60
Tabla 10.	Composición proximal de la harina de sangrecita (100g en base seca).	67
Tabla 11.	Composición proximal de la harina de maíz morado (100g en base seca).	68

Tabla 12. Composición proximal de la harina de cañihua (100g en base seca).....	68
Tabla 13. Composición proximal de la harina de kiwicha (100g en base seca).	69
Tabla 14. Composición proximal de la harina de quinua (100g en base seca).	70
Tabla 15. Análisis de colorimetría de la harina de sangrecita.	71
Tabla 16. Análisis de colorimetría de la harina de maíz morado.	71
Tabla 17. Análisis de colorimetría de la harina de cañihua.	72
Tabla 18. Análisis de colorimetría de la harina de kiwicha.	73
Tabla 19. Análisis de colorimetría de la harina de quinua.....	73
Tabla 20. Análisis de compuestos bioactivos en harinas.	74
Tabla 21. Análisis de capacidad antioxidante en harinas.	75
Tabla 22. Resultados de dureza de las formulaciones de galletas.	76
Tabla 23. Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de dureza de las formulaciones de las galletas.	79
Tabla 24. Estadísticos del Modelo de dureza de las formulaciones de las galletas.....	80
Tabla 25. Parámetros del modelo y análisis estadístico de dureza de las formulaciones de las galletas.	81
Tabla 26. Resultado del color instrumental de las formulaciones de galleta.....	82
Tabla 27. Resultados de Luminosidad L* de las formulaciones de las galletas.	84
Tabla 28. Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA) y Regresión de Luminosidad L* de las formulaciones de las galletas.	87
Tabla 29. Resumen del Modelo de Regresión de Luminosidad L* de las formulaciones de las galletas.	88
Tabla 30. Parámetros del modelo y análisis estadístico de Regresión de Luminosidad L* de las formulaciones de las galletas.....	89
Tabla 31. Resultados de Cromaticidad C* de las formulaciones de las galletas.	90
Tabla 32. Resultados de Ángulo de tonalidad h* de las formulaciones de las galletas.	92
Tabla 33. Resultados de polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.....	94
Tabla 34. Tabla de ANOVA para Modelos Cuadráticos de Mezcla de los Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.....	98
Tabla 35. Estadísticos del Modelo de los Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.	99
Tabla 36. Parámetros del modelo y análisis estadístico de los Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.	99
Tabla 37. Resultados de actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.	101
Tabla 38. Tabla de ANOVA para Modelos Cuadráticos de Mezcla de la actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.	104

Tabla 39. Estadísticos del Modelo de la actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.	105
Tabla 40. Parámetros del modelo y análisis estadístico de la actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.	106
Tabla 41. Puntuaciones de la evaluación sensorial del olor sensorial.	108
Tabla 42. Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de olor sensorial de las formulaciones de las galletas.	111
Tabla 43. Estadísticos del Modelo de olor sensorial de las formulaciones de las galletas.	112
Tabla 44. Parámetros del modelo y análisis estadístico de olor sensorial de las formulaciones de las galletas.	112
Tabla 45. Puntuaciones de la evaluación sensorial del sabor sensorial.	113
Tabla 46. Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.	116
Tabla 47. Estadísticos del Modelo de sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.	117
Tabla 48. Parámetros del modelo y análisis estadístico de sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.	118
Tabla 49. Puntuaciones de la evaluación sensorial del color sensorial.	119
Tabla 50. Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.	122
Tabla 51. Estadísticos del Modelo de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.	122
Tabla 52. Parámetros del modelo y análisis estadístico de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.	123
Tabla 53. Puntuaciones de la evaluación sensorial de la intención de compras.	124
Tabla 54. Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.	127
Tabla 55. Estadísticos del Modelo de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.	128
Tabla 56. Parámetros del modelo y análisis estadístico de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.	128
Tabla 57. Puntuaciones de la evaluación sensorial de la Textura sensorial.	129
Tabla 58. Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de textura sensorial de las formulaciones de las galletas.	132
Tabla 59. Estadísticos del Modelo de textura sensorial de las formulaciones de las galletas.	132

.....	133
Tabla 60. Parámetros del modelo y análisis estadístico de textura sensorial de las formulaciones de las galletas.	134
Tabla 61. Formulación optimizada de galletas.	135
Tabla 62. Composición proximal de la galleta optima (100g en base seca).Error! Bookmark not defined.	
Figura 1. Esquema experimental.	45
Figura 2. Esquema del proceso de la obtención de harina de sangre de pollo.	46
Figura 3. Esquema del proceso de la obtención de harina de maíz morado.	48
Figura 4. Esquema del proceso de la obtención de harina de cañihua.	50
Figura 5. Esquema del proceso de la obtención de harina de kiwicha.	52
Figura 6. Esquema del proceso de la obtención de harina de quinua.	54
Figura 7. Esquema del proceso de elaboración de galletas.	56
Figura 8. Dureza de las formulaciones de las galletas.	77
Figura 9. Grafica de superficie de respuesta de Dureza de las formulaciones de las galletas.	78
Figura 10. Grafica de contornos de Dureza de las formulaciones de las galletas.	78
Figura 11. Luminosidad L* de las formulaciones de las galletas.	85
Figura 12. Grafica de superficie de respuesta de Luminosidad L* de las formulaciones de las galletas.	86
Figura 13. Grafica de contornos de Luminosidad L* de las formulaciones de las galletas.	86
Figura 14. Cromaticidad C* de las formulaciones de las galletas.	91
Figura 15. Ángulo de tonalidad h* de las formulaciones de las galletas.	93
Figura 16. Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.	95
Figura 17. Grafica de superficie de respuesta de Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.	96
Figura 18. Grafica de contornos de Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.	97
Figura 19. Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.	102
Figura 20. Grafica de superficie de respuesta de Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.	103
Figura 21. Grafica de contornos de Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.	103
Figura 22. Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.	109

Figura 23. Grafica de superficie de respuesta de Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.	110
Figura 24. Grafica de contornos de Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.	110
Figura 25. Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.....	114
Figura 26. Grafica de superficie de respuesta de Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.	115
Figura 27. Grafica de contornos de Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.	115
Figura 28. Color sensorial de las formulaciones de las galletas.	120
Figura 29. Grafica de superficie de respuesta de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.	121
Figura 30. Grafica de contornos de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.	121
Figura 31. Intención de compra de las formulaciones de las galletas.	125
Figura 32. Grafica de superficie de respuesta de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.	126
Figura 33. Grafica de contornos de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.	126
Figura 34. Textura sensorial de las formulaciones de las galletas.	130
Figura 35. Grafica de superficie de respuesta de la Textura sensorial de las formulaciones de las galletas.	131
Figura 36. Grafica de contornos de la Textura sensorial de las formulaciones de las galletas.	131
 Anexo 1. Proceso de obtención de la harina de la sangre de pollo.	 150
Anexo 2. Proceso de obtención de la harina de maíz morado.	151
Anexo 3. Proceso de obtención de la harina de cañihua.....	152
Anexo 4. Proceso de obtención de la harina de kiwicha.....	153
Anexo 5. Proceso de obtención de la harina de quinua.	154
Anexo 6. Elaboración de la galleta.	155
Anexo 7. Caracterización proximal de las materias primas y galletas.	158
Anexo 8. Diagrama de flujo de la determinación de contenido de humedad.	158
Anexo 9. Diagrama de flujo de la determinación de contenido de Ceniza.	160

Anexo 10. Diagrama de flujo de la determinación de contenido de Grasa.	162
Anexo 11. Diagrama de flujo de la determinación de contenido de Grasa.	164
Anexo 12. Diagrama de flujo de la determinación de contenido de Proteínas.	166
Anexo 13. Evaluación de las galletas dulces a base de sangrecita, harina de maíz morado y cereales andinos.	168
Anexo 14. Diagrama de flujo de la determinación de textura instrumental.	168
Anexo 15. Diagrama de flujo de la determinación de color.	170
Anexo 16. Diagrama de flujo de la obtención del extracto.	172
Anexo 17. Diagrama de flujo de la determinación de polifenoles totales.	176
Anexo 18. Tabla de concentraciones y absorbancias de la curva de calibrado para la determinación.	179
Anexo 19. Curva de calibrado para la determinación de polifenoles totales.	179
Anexo 20. Diagrama de flujo de la determinación de polifenoles totales.	180
Anexo 21. Tabla de concentraciones y absorbancias de la curva de calibrado para la determinación.	183
Anexo 22. Curva de calibrado para la determinación de la capacidad antioxidante (DPPH).	183
Anexo 23. Panelistas de la evaluación sensorial.	184
Anexo 24. Ficha sensorial	185

RESUMEN

El enfoque de este proyecto de investigación se centra en la elaboración de galletas dulces utilizando sangrecita, harina de maíz morado y cereales andinos. Se buscó diseñar un nuevo producto para el mercado que combine ingredientes ricos en compuestos bioactivos, con propiedades nutricionales y funcionales. Los rangos de sustitución considerados fueron: harina de sangrecita (8%-15%), harina de maíz morado (15%-25%), harina de cañihua (10%-25%), harina de kiwicha (10%-25%) y harina de quinua (13%-20%). Para determinar la formulación óptima, se utilizó el Diseño de Mezclas D Optimal, generando 25 formulaciones.

La evaluación sensorial mostró que el sabor de las galletas fue significativamente influenciado por los niveles más altos de las harinas utilizadas. En cuanto a la colorimetría, se analizaron parámetros como luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad. Un mayor uso de harina de quinua resultó en galletas más oscuras. Además, las harinas seleccionadas aportaron positivamente a la capacidad antioxidante y al contenido de polifenoles, siendo los valores más altos asociados a mayores porcentajes de harina de quinua.

Estos análisis permitieron determinar la formulación óptima para la elaboración de las galletas, la cual consiste en 15% de harina de sangrecita, 25% de harina de maíz morado, 20% de harina de cañihua, 20% de harina de kiwicha y 20% de harina de quinua. Este producto combina un alto valor nutricional con propiedades sensoriales agradables, destacando como un alimento funcional innovador para el mercado.

Palabras claves: polifenoles totales, actividad antioxidante.

ABSTRACT

The focus of this research project is on the production of sweet biscuits using blood sausage, purple corn flour and Andean cereals. The aim was to design a new product for the market that combines ingredients rich in bioactive compounds, with nutritional and functional properties. The substitution ranges considered were: blood sausage flour (8%-15%), purple corn flour (15%-25%), cañihua flour (10%-25%), kiwicha flour (10%-25%) and quinoa flour (13%-20%). To determine the optimal formulation, the D Optimal Mixture Design was used, generating 25 formulations.

The sensory evaluation showed that the flavour of the biscuits was significantly influenced by the higher levels of the flours used. Regarding colorimetry, parameters such as luminosity, chromaticity and hue angle were analysed. Greater use of quinoa flour resulted in darker biscuits. In addition, the selected flours contributed positively to the antioxidant capacity and polyphenol content, with the highest values associated with higher percentages of quinoa flour.

These analyses allowed determining the optimal formulation for the preparation of the cookies, which consists of 15% blood corn flour, 25% purple corn flour, 20% cañihua flour, 20% kiwicha flour and 20% quinoa flour. This product combines high nutritional value with pleasant sensory properties, standing out as an innovative functional food for the market.

Keywords: Total polyphenols, antioxidant activity.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, es común que numerosas personas enfrenten problemas de desnutrición, afectando principalmente a los niños y a las mujeres embarazadas. Esta situación abarca múltiples factores y se manifiesta en diferentes etapas de la vida, permaneciendo presente a lo largo del ciclo vital (Barcia-Menéndez *et al.*, 2023). La desnutrición ocurre cuando hay un desequilibrio entre los nutrientes necesarios para el funcionamiento adecuado de los individuos y los nutrientes que realmente obtienen (Cuevas-Nasu *et al.*, 2023).

Es fundamental garantizar una nutrición adecuada durante la infancia y la adolescencia, ya que esto es esencial para un crecimiento y desarrollo óptimos, así como para prevenir enfermedades crónicas y mejorar la calidad de vida a largo plazo (Gómez *et al.*, 2023).

No obstante, muchos niños y jóvenes no siguen una dieta saludable, lo que puede acarrear graves problemas de salud (Beghini, 2023).

Un ejemplo de ello es la anemia, un problema de salud que se presenta en diversas regiones del Perú, impactando a distintos grupos de población y vinculándose directamente con una alimentación deficiente (Gonzales & Suarez Moreno, 2024). Entre las mujeres de 15 a 49 años, la prevalencia de anemia es del 28,6%, aumentando al 34,2% en mujeres embarazadas. En los niños menores de 5 años, la prevalencia llega al 46,2%, mientras que en los menores de 2 años alcanza un alarmante 66% (León Gamboa *et al.*, 2023).

La anemia es un problema extendido a nivel global, que afecta a 1620 millones de personas, lo que representa aproximadamente el 24,8% de la población mundial, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esta condición afecta especialmente a niños en edad preescolar, con una incidencia del 47%. En el caso de Perú, el país no escapa a esta realidad, debido a que, en el año 2018, según la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), se encontró que el 46,6% de los niños

menores de 3 años sufrían de anemia (Aquino, 2021).

La falta de hierro es la causa principal de la anemia, pero también pueden contribuir otras deficiencias nutricionales como la desnutrición, la falta de vitamina B12 y vitamina A, la presencia de inflamación aguda y crónica, la presencia de parásitos y ciertas enfermedades hereditarias o adquiridas que afectan la síntesis de hemoglobina y la producción o supervivencia de los glóbulos rojos (Dorelo *et al.*, 2021). Asimismo, la incorporación tardía de frutas y verduras en la dieta complementaria de los lactantes aumenta la incidencia de la anemia (Becerra Bulla *et al.*, 2021). Además de estos aspectos, existen otros factores relevantes asociados a la anemia (Al-kassab-Córdova *et al.*, 2020), como el embarazo prematuro en adolescentes (Gaspar *et al.*, 2022), la carencia de educación y la falta de conciencia acerca de la anemia (Espinola-Sánchez *et al.*, 2021), así como pertenecer a un estrato social bajo (Panduro Diaz & Paima Pinchi, 2023).

Esta condición conlleva implicancias sistémicas que incluyen alteraciones en la función cognitiva, debilidad, fatiga, dolores de cabeza, irritabilidad y palidez en la piel, así como una disminución en las capacidades físicas y mentales de aquellos que la padecen. Además, se ha asociado con una mayor mortalidad infantil, mortalidad materna, mortalidad perinatal y bajo peso al nacer. Por otro lado, la anemia también es responsable directa de una baja productividad y un desarrollo mínimo cognitivo, lo cual afecta la calidad de vida a lo largo de todo el ciclo vital de las personas afectadas (Escobar Ccanto *et al.*, 2024).

Este trabajo de investigación se vuelve primordial para abordar la problemática de los índices incrementados de anemia que afectan a la mayoría de infantes en nuestro país. Teniendo como objetivo principal elaborar un producto altamente nutritivo que sea valorado y apreciado por los consumidores.

En este caso, hemos seleccionado las galletas como el producto para nuestra tesis, ya que a pesar de que en el mercado actual existen numerosas opciones, como las galletas de trigo, vainilla, con sabor a menta y otros sabores, son pocas las que se

enfocan en ofrecer un producto natural y altamente nutritivo, sin ningún tipo de sustancias perjudiciales para la salud, como los colorantes (Delgado *et al.*, 2020). Adicionalmente, es importante destacar que el consumo de estas es muy extendido a nivel global, solo en el Perú, se estima que cada persona consume alrededor de 4,1 kilogramos de galletas al año, en promedio (García, 2023).

Por consiguiente, este estudio se centrará en el desarrollo de una galleta como un producto cocido, resultado de una masa horneada compuesta por insumos oriundos, que ofrece gran ayuda para el cuerpo favoreciendo el buen funcionamiento del sistema digestivo. Asimismo, se sabe que la sangrecita no es muy aceptada generalmente por los consumidores, por lo cual, se ha decidido agregar otros ingredientes para que la galleta sea más atractiva para ellos. La combinación de la harina de maíz morado (*Zea mays L.*) que presenta un contenido significativo de almidón (72% aprox.), proteínas (entre 7% y 13%), fibra total (alrededor del 2,5%) y aceite (4,8% aprox.) (Salvador-Reyes & Clerici, 2020), así como la harina de diversos cereales andinos como la kiwicha, quinua y cañihua, que se utilizará para disimular la presencia de la sangrecita y lograr que los niños la acepten con mayor agrado.

Para esta investigación se planteó como problema de estudio: ¿Es posible la elaboración óptima de una galleta a base de sangrecita, harina de maíz morado (*Zea mays L.*) y cereales andinos que brinden un buen aporte nutricional y tenga una buena aceptabilidad sensorial?

Para tal, el objetivo principal de este trabajo es elaborar galletas dulces a base de sangrecita, harina de maíz morado (*Zea mays L.*) y cereales andinos. Por consiguiente, se establecieron como objetivos específicos; determinar la composición proximal de las harinas de sangrecita, maíz morado, cañihua, kiwicha y quinua, determinar las características tecnológicas, actividad antioxidante, polifenoles totales, determinar el aporte nutricional, evaluar el nivel de aceptabilidad mediante la escala hedónica de las formulaciones de las galletas obtenidas mediante el diseño de mezclas del software Design Expert Trial v7.0.0.

La hipótesis para esta investigación es la óptima formulación de las galletas dulces de harina de sangre de pollo (8 – 15 %), harina de maíz morado (15 - 25 %), harina de cañihua, (10 - 25 %), harina de kiwicha (10 – 25 %) y de harina de quinua (13 - 20 %), brindará un buen aporte nutricional y aceptabilidad sensorial.

En el presente proyecto se propone elaborar galletas de sabor dulce a base de sangre de pollo, harina de maíz morado y cereales andinos (quinua, kiwicha y cañihua). La agroindustria de alimentos nos ayuda a encontrar nuevas fuentes de productos alimentarios como el empleo de la sangrecita, obteniendo de esta principalmente harina; así como también la harina de maíz morado y cereales andinos (específicamente cañihua, kiwicha y quinua) utilizados para la elaboración de galletas, siendo básicamente una alternativa de aceptabilidad de productos novedosos a base de subproductos agroindustriales y con ello perfeccionar la nutrición de los seres humanos.

Este producto se justifica socialmente debido a su potencial para combatir la anemia en el Perú, una condición de salud ampliamente presente en el país, especialmente entre niños y mujeres embarazadas, que se caracteriza por la escasez de glóbulos rojos y o eritrocitos en la sangre, responsables de transportar oxígeno desde los pulmones hacia los tejidos del cuerpo (Santamaría & Losa, 2020). Al incorporar sangre de pollo en las galletas, se obtiene una fuente rica y fácilmente absorbible de hierro, lo que convierte a este producto en una opción nutricionalmente superior en comparación con otros disponibles en el mercado (Vidal, 2021).

Además, la adicción de harina de maíz morado y cereales andinos en la receta aporta antioxidantes y otros nutrientes que mejoran la absorción del hierro. Al incluir estas galletas en la alimentación diaria de la población, especialmente en comunidades con acceso limitado a alimentos ricos en hierro, se puede abordar la deficiencia de este mineral y disminuir la incidencia de la anemia, con el consecuente beneficio en la calidad de vida de numerosos peruanos.

La justificación metodológica de esta investigación se basa en la

implementación de un nuevo instrumento que permitirá recolectar datos relevantes para conseguir conocimientos y contribuciones a la tesis actual. En este sentido, se utilizará un enfoque correlacional para determinar el nivel de influencia entre las variables y proporcionar orientación a la investigación. Asimismo, se aplicará un procedimiento de análisis de datos utilizando el software Design-Expert Trial v7.0.0 para procesar los resultados de la investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Sangre de Pollo

2.1.1. Generalidades

La sangre de pollo es un líquido biológico contenido en las aves que es apto para la ingesta humana. Representa una significativa fuente de nutrientes, en especial de hierro, con un contenido de minerales de 27,3 mg por cada 100 gramos. Además, tiene dos ventajas adicionales: es fácil de obtener y tiene un bajo costo. De acuerdo con el esquema alimentario peruano, 100 gramos de sangre de pollo crudo aportan 65 calorías, 15 gramos de proteína y 0,1 gramos de grasa (Valverde & Masco, 2021).

2.1.2. Composición nutricional

Tabla 1.

Aporte nutricional de la sangre de pollo (g/100 g).

Nutrientes	Cantidad
Proteína (g)	15
Grasa total (g)	0.10
Calcio (mg)	12
Hierro (mg)	27.30
Vitamina C (mg)	4.50

Fuente: (Cueva & Salvador, 2022).

2.1.3. Harina de Sangre de Pollo

La harina de sangre de pollo presenta un color distintivo de tono marrón oscuro y una textura seca, con un contenido de humedad que varía entre el 5% y el 8%. Esta harina se obtiene mediante el proceso de secado de la sangre entera del pollo o de componentes específicos como suero o plasma. En términos de rendimiento, se logra obtener aproximadamente un 20% de harina a partir de la sangre entera (Cerdeira, 2023).

2.2. Maíz morado

2.2.1. Generalidades

El maíz morado, una variante de *Zea mays* L., ha evolucionado en más de 35 variedades distintas, todas originadas a partir de la raza Kculli, la cual sigue siendo cultivada en la actualidad (Rabanal-Atalaya *et al.*, 2022)., se caracteriza por tener

granos y corontas de color morado (Sánchez & Castro Vargas, 2023). Se encuentran diversas variantes de maíz que presentan colores diferentes, tales como amarillo, azul, marrón, verde y morado (U1-Allah *et al.*, 2020).

Este tipo de maíz es considerado como un alimento saludable y funcional, ya que puede incluir antioxidantes naturales que contribuyen a retardar el proceso de envejecimiento celular. Estos impactos se atribuyen principalmente a los mecanismos de actuación de sustancias como la cianidina-3- β -glucósido, pelargonidina-3- β -glucósido, peonidina-3- β -glucósido, ácidos fenólicos, quercetina y hesperidina (Vilcacundo, 2023).

Se considera una característica distintiva ya que los granos, las brácteas y la coronta (tusa) de este maíz son de color púrpura a negro, lo cual se debe a la existencia de antocianinas en la planta (Medina-Hoyos *et al.*, 2020).

La concentración de antocianinas puede variar dependiendo del genotipo del maíz, la parte específica de la planta y las condiciones ambientales en las que crezca (Huanuqueño *et al.*, 2021). Estos pigmentos ofrecen un potencial alentador para sustituir tintes artificiales en alimentos, fármacos y productos de belleza, además de la capacidad para crear productos con un valor adicional destinados al consumo humano (Gullón *et al.*, 2020).

En Perú, el pigmento del maíz morado se usa para confeccionar bebidas y postres típicos, como la "Chicha Morada" y la "Mazamorra Morada". Asimismo, se utiliza en la producción de dulces y gelatinas (Alvines & Neil, 2021).

2.2.2. Origen del Maíz morado

Este cereal, originario de Perú, ha sido cultivado desde la época preincaica a una altitud de 3000 m.s.n.m., desempeñando un papel esencial en la alimentación de las comunidades nativas (Sánchez & Vargas, 2023).

En la actualidad, el maíz morado ha adquirido reconocimiento a nivel mundial y se llevan a cabo exportaciones a mercados de Asia, Estados Unidos y Europa. Se

exporta tanto el grano entero como granos individuales, así como también el olote (tusas) en forma de pulverizado o extractos obtenidos a partir de esta parte del maíz (Cristianini & Guillen Sanchez, 2020)

El maíz demuestra una notable adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, prosperando en regiones con precipitaciones anuales que oscilan entre 250 mm y 5000 mm. A nivel mundial, los principales productores de este cereal son Estados Unidos, que lidera con el 30% de la producción, seguido de China con el 15%, la Unión Europea con el 14%, Brasil con el 4% e India con el 3% (Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos, 2021).

2.2.3. Propiedades del Maíz Morado

Las características fisicoquímicas del grano de maíz están condicionadas por múltiples elementos, incluyendo la variabilidad genética, las prácticas de cultivo y los procesos de selección implementados por los mejoradores. Además, es importante señalar que estos atributos pueden verse afectados por las variaciones climáticas (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2023).

Según un estudio realizado por Salinas-Moreno *et al.* (2021), se ha demostrado que precipitaciones superiores a 500 mm y temperaturas promedio de entre 15 y 26 °C durante la etapa de llenado del grano pueden influir en las características físicas y químicas del genotipo. Los genotipos que destacan por sus propiedades físicas y químicas óptimas son especialmente valiosos en procesos como la nixtamalización, una técnica clave para mejorar el valor nutricional del maíz. Este proceso es particularmente relevante en las variedades de colores intensos debido a sus propiedades antioxidantes (Andrade, 2022).

2.2.4. Taxonomía del Maíz Morado

Tabla 2.

Taxonomía del maíz morado.

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Clase	Angiosperma
Orden	Graminales
Familia	Graminales
Genero	Zea
Especie	Mays

Fuente: (Ramos Llico, 2024).

2.2.5. Taxonomía del Maíz Morado

Tabla 3.

Contenido por cada 100 gramos de porción comestible de maíz.

Componente	Cantidad
Carbohidrato	71,88 g
Proteína	8,84 g
Grasa	4,57 g
Fibra	2,15 g
Ceniza	2,33 g
Humedad	10,23 g
Fósforo	348 mg
Sodio	15,9 mg
Azufre	114 mg
Riboflavina	0,10 mg
Aminoácidos	1,78 mg
Minerales	1,5 g
Calcio	10 mg
Hierro	2,3 mg
Potasio	286 mg
Tiamina	0,42 mg
Vitamina C	0,12 mg
Magnesio	139 mg

Fuente: (Apace, 2022).

2.2.6. Composición química del Maíz Morado

El maíz morado está enriquecido con polifenoles, entre los cuales se destacan los flavonoides, siendo las antocianinas los más notables. Estos compuestos se encuentran en mayor cantidad en el olote (la parte externa de la mazorca) que en el grano de maíz morado. La mazorca está compuesta aproximadamente en un 85% por

grano y un 15% por olote. Las antocianinas son los pigmentos responsables del color característico del maíz morado (Rabanal-Atalaya & Medina- Hoyos, 2021).

2.2.7. Beneficios del Maíz Morado

El consumo de maíz morado es altamente recomendado por sus múltiples beneficios para la salud. Según Flores Pacheco & Carbonelli Mosqueira (2022), esta hortaliza posee propiedades antiinflamatorias y favorece la regeneración de tejidos y la síntesis de colágeno, contribuyendo a la salud y apariencia de la piel. Asimismo, se ha notado que ayuda a regular y reducir los niveles de colesterol en la circulación sanguínea, así como a mantener una presión arterial saludable. Además, ingerir maíz morado promueve la producción de ácidos grasos, lo que resulta especialmente beneficioso para individuos con diabetes (Ferron *et al.*, 2020) y aquellas que enfrentan problemas de obesidad. Asimismo, investigaciones actuales están explorando su potencial en la prevención del cáncer de colon (Briceño *et al.*, 2020).

El consumo de maíz morado puede aumentar las posibilidades de obtener beneficios relacionados con sus propiedades diuréticas y su capacidad para reducir la presión arterial. Este efecto hipotensor se atribuye a la presencia de posiblemente polifenoles, que en muchos casos ayudan a disminuir la presión arterial. También, se considera que el maíz morado es una base adecuada para la producción de alimentos funcionales debido a su actividad diurética y propiedades hipotensoras (Mansilla *et al.*, 2020).

2.3. Cañihua

2.3.1. Generalidades

La cañihua, científicamente conocida como *Chenopodium pallidicaule* Aellen, es una especie que suele ser confundida con la quinua (Calderón *et al.*, 2022). Se le clasifica como un cereal andino con propiedades nutraceuticas o funcionales debido a su contenido significativo de proteínas, fibra, minerales, aminoácidos esenciales y energía (Espinoza, 2023).

Según Casanave & Ruiz (2022), la cañihua tiene la capacidad de crecer en condiciones difíciles, específicamente a altitudes que oscilan entre los 300 y 400 metros sobre el nivel del mar. Debido a su capacidad de adaptación a diversos entornos, puede tolerar períodos prolongados de sequía y soportar temperaturas tan bajas como -10 °C durante la ramificación. Además, con la humedad adecuada, se puede resistir temperaturas de hasta 28 °C (Mansilla *et al.*, 2020)

Los granos de cañihua tienen un tamaño de alrededor de 1 a 1.2 mm de diámetro, lo cual es aproximadamente la mitad del tamaño de los granos de quinua. Estos granos están protegidos por el perigonio y no contienen saponina (Rodríguez *et al.*, 2020).

2.3.2. Descripción Botánica de la Cañihua

La cañihua prospera en suelos empobrecidos y rocosos; así como en climas fríos y secos, como los que se encuentran en el altiplano. Se considera una planta resistente debido a su capacidad para germinar, florecer y desarrollar semillas a temperaturas de 5°C, 10°C y 15°C respectivamente. Estas limitaciones climáticas suelen ser perjudiciales para cultivos como la cebada y la quinua (Casanave Zevallos & Ruiz Chocano, 2022).

Tabla 4.
Clasificación Botánica de Chenopodium pallidicaule Aellen (“Cañihua”).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida - Deicotyledoneae
Sub clase	Archichlamydeae
Orden	Caryophyllales
Familia	Chenopodiaceae
Género	Chenopodium L.
Especie	Chenopodium pallidicaule
Nombre botánico	Chenopodium pallidicaule Aellen
Nombre común	“Cañihua”
Fuente: (Casanave Zevallos & Ruiz Chocano, 2022).	

2.3.3. Harina de Cañihua

De acuerdo con un estudio realizado por Chonlon Escudero & Dávila Hurtado (2024), la harina derivada de este grano andino exhibe un contenido de carbohidratos, grasas, fibra cruda, cenizas y proteínas con valores de 63%, 7.6%, 6.1%, 4.1% y 18.8% respectivamente. Entre las proteínas, la proporción principal consiste en albúmina y globulina, que representan aproximadamente el 41% del total.

Según Paredes Erquinigo (2021), la cañihua es una excelente fuente de proteínas, lo que la convierte en una alternativa valiosa para dietas con bajo consumo de carne. Destaca por su equilibrado perfil de aminoácidos esenciales, especialmente en isoleucina, lisina y triptófano. Además, es rica en vitamina E y vitaminas del complejo B. Un aspecto relevante es que sus granos están libres de gluten, lo cual la hace ideal para personas con sensibilidad o intolerancia al gluten. Entre sus beneficios adicionales se encuentran la capacidad de reducir los niveles de colesterol en sangre y contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares.

2.3.4. Valor Nutricional de la Harina de Cañihua

Tabla 5.

Información nutricional de la harina de cañihua.

Componente (%)	Cantidad
Valor energético (Kcal)	360,2
Humedad	12,7
Proteína	14,6
Grasa	4,41
Carbohidratos	78.7
Fibra	1.5
Ceniza	1.76

Fuente: (Blanco *et al.*, 2022).

2.4. Kiwicha

2.4.1. Generalidades

La kiwicha, un cereal originario de los Andes, ha sido cultivada en la región desde tiempos ancestrales. Destaca por su extraordinario valor nutricional, ya que supera a alimentos comunes como los huevos, la leche y la carne de pollo en

micronutrientes esenciales como el calcio y el hierro. Su contenido proteico, que oscila entre el 13% y el 19%, es superior al de otros granos como el trigo, el arroz y el maíz, e incluso sobrepasa el nivel de proteínas presente en la leche. Además, la proteína de la kiwicha es naturalmente libre de gluten, lo que la convierte en una excelente opción para personas con enfermedad celíaca (Martinez-Lopez *et al.*, 2020).

2.4.2. Harina de Kiwicha

La kiwicha es una excelente alternativa nutricional para personas que no toleran harinas de trigo, avena, cebada o centeno. Además, su consumo es especialmente recomendado durante la infancia, ya que favorece el desarrollo cerebral, estimula la memoria y promueve el crecimiento en los primeros años de vida. En la elaboración de productos de panificación, combinar un 80% de harina de trigo con un 20% de harina de kiwicha mejora la textura del pan y eleva su valor nutritivo. Asimismo, la sangrecita se emplea como ingrediente base en la preparación de papillas infantiles y bebidas altamente nutritivas (Valvas *et al.*, 2021).

2.4.3. Aporte Nutricional de la Harina de Kiwicha

Tabla 6.

Aporte nutricional de la Harina de Kiwicha (en 100 g).

Composición	Cantidad
Proteínas (g)	14.85
Grasa(g)	8.03
Humedad(g)	3.59
Ceniza(g)	2.54

Fuente: (Valvas *et al.*, 2021).

2.5. Quinua

2.5.1. Generalidades

La quinua, cuyo nombre científico es *Chenopodium quinoa* Will, es una planta precolombina que pertenece a la familia de las Quenopodiáceas. Se trata de una planta anual y dicotiledónea que comúnmente alcanza entre 1 y 3 metros de altura. Aunque no forma parte de la familia de las gramíneas, a la que pertenecen otros granos andinos tradicionales, su alto contenido de almidón hace que se utilice frecuentemente como un

cereal (Taco *et al.*, 2020).

2.5.2. Harina de Quinua

La harina de quinua es un producto culinario polivalente y sencillo de utilizar que puede sustituir a otras harinas en una variedad de preparaciones. Puede utilizarse en sopas, postres, bebidas, pan y galletas. Es especialmente rica en proteínas, calcio y hierro, lo que contribuye al desarrollo y crecimiento del organismo. Además, ayuda a conservar el calor corporal y brinda energía al cuerpo. La harina de quinua también presenta características favorables para su uso en repostería y puede combinarse con harina de trigo para aumentar el valor nutricional de las galletas (Japón & Urbano, 2020).

2.5.3. Composición Nutricional de la Quinua

El contenido de grasa oscila entre el 4% y el 9%, y aproximadamente la mitad de esta grasa consiste en ácido linoleico, lo que lo convierte en un aminoácido esencial para la dieta humana. Además, la harina de quinua posee un alto contenido de calcio, fósforo y hierro.

Tabla 7.

Composición nutricional de la quinua en porcentaje.

NUTRIENTES	%
Humedad	9.40 - 13
Proteínas	11.00 - 21.30
Fibra	2.10 - 4.90
Extracto etéreo	5.30 - 6.40
Carbohidratos	53.50 - 74.30
Cenizas	3,36
Calorías	351

Fuente: (Rodríguez *et al.*, 2022).

2.6. Galletas

2.6.1. Generalidades

Las galletas son productos alimenticios que se elaboran principalmente mediante una mezcla de harina, grasas y agua, con la posibilidad de añadir azúcares y otros ingredientes tales como huevos, leche, almidones, polvo de hornear, levaduras

para panificación, sal y aditivos permitidos, según el tipo de galleta que se desee elaborar (Ñacata, 2022).

Esta mezcla se somete a un proceso de amasado seguido de un tratamiento térmico, lo que da lugar a un producto con diversas formas. El resultado final son galletas con una textura crujiente, buen sabor, aroma característico y suavidad al masticar, siendo ampliamente aceptadas por los consumidores. Además, se distinguen por su bajo contenido de agua, que ronda el 6% (Rodríguez-González *et al.*, 2023).

Las galletas para consumo directo pueden incluir ingredientes como harinas de granos andinos, grasas vegetales, tubérculos, azúcar, leguminosas, productos lácteos, agentes leudantes, sulfato ferroso y otras proteínas de origen animal (Arcaya Moncada *et al.*, 2020).

2.6.2. Características de la galleta

Entre las propiedades de calidad más importantes de las galletas se encuentran aquellas relacionadas con sus características físicas, contenido de humedad, aspecto visual (color y apariencia), textura, atributos sensoriales (aroma, sabor, color) y valor nutricional (contenido de carbohidratos, proteínas, fibra y minerales). En este sentido, la textura desempeña un papel clave, ya que permite a los consumidores establecer descriptores sensoriales que influyen en su preferencia por una galleta, como desmoronable, masticable, pastoso, crujiente, harinoso, quebradizo, grumoso, cohesivo, seco, blando (suave) o duro (Almora- Hernández *et al.*, 2021).

2.6.3. Criterios fisicoquímicos de las galletas

Tabla 8.

Criterios fisicoquímicos de las galletas.

Parámetro	Límite máximo permisible
Acidez (expresada en ácido láctico)	0.10%
Cenizas totales	3%
Humedad	12%
Índice de peróxido	5 mg/kg

Fuente: (Egusquiza Cárdenas, 2023).

2.7. Polifenoles totales

Los polifenoles son compuestos bioactivos ampliamente distribuidos en alimentos de origen vegetal, conocidos por sus propiedades antioxidantes y sus beneficios para la salud humana. Estos compuestos desempeñan un papel clave en la protección contra el estrés oxidativo, al neutralizar los radicales libres y prevenir el daño celular. Su análisis en los alimentos permite evaluar la capacidad funcional de estos productos, especialmente en alimentos fortificados o elaborados con ingredientes ricos en compuestos bioactivos, como cereales andinos, maíz morado y harinas alternativas. La cantidad de polifenoles totales en un alimento es un indicador importante de su potencial antioxidante y su contribución a la promoción de la salud (Mendoza-Isaza *et al.*, 2020).

El contenido de polifenoles totales puede verse influenciado por varios factores, como el tipo y la calidad de los ingredientes utilizados, así como los procesos de elaboración y almacenamiento. En productos innovadores como galletas funcionales, los polifenoles no solo aportan beneficios nutricionales, sino que también afectan características sensoriales, como el sabor, el color y la textura. En este contexto, su medición y optimización son fundamentales para garantizar un producto de alta calidad que combine propiedades organolépticas agradables con beneficios funcionales, promoviendo su aceptación en el mercado y su impacto positivo en la dieta de los consumidores (Mori Culqui & Chavez Quintana, 2021).

2.8. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de los alimentos es una característica importante que se refiere a la habilidad de los compuestos presentes en los alimentos para neutralizar los radicales libres y prevenir el daño celular causado por el estrés oxidativo. Los antioxidantes, como los polifenoles, vitaminas y minerales, actúan protegiendo las células del cuerpo contra la degeneración prematura y diversas enfermedades crónicas, tales como enfermedades cardiovasculares, cáncer y trastornos neurodegenerativos. La medición de la capacidad antioxidante de los alimentos es fundamental para evaluar su

potencial para contribuir a la salud y prevenir enfermedades asociadas al envejecimiento celular (Benítez-Estrada *et al.*, 2020).

En productos funcionales, como galletas elaboradas con ingredientes como cereales andinos o harinas alternativas, la capacidad antioxidante juega un papel esencial no solo en el valor nutricional del producto, sino también en su aceptación en el mercado. Los consumidores cada vez buscan más alimentos que ofrezcan beneficios adicionales para la salud, y los productos con alta capacidad antioxidante son altamente valorados. La incorporación de ingredientes ricos en antioxidantes en la formulación de galletas, como la quinoa o el maíz morado, no solo mejora su perfil nutricional, sino que también contribuye a un mejor sabor y color, haciendo que el producto sea más atractivo tanto funcional como sensorialmente (Condori *et al.*, 2020).

2.9. Prueba de Basker

La Prueba de Basker es un método empleado en el análisis sensorial de alimentos para identificar la preferencia de los consumidores cuando se comparan más de dos productos. En este procedimiento, un grupo de panelistas ordena los productos según su grado de preferencia, asignando el número 1 al más valorado, el número 2 al siguiente, y así sucesivamente, sin posibilidad de empates. Luego, se suman las puntuaciones otorgadas a cada producto, siendo el de menor puntaje el más preferido. Para determinar si las diferencias en las preferencias son estadísticamente relevantes, se compara la variación de puntajes entre productos con un umbral específico, denominado "valor crítico de Basker", el cual depende de la cantidad de panelistas y productos evaluados. Si la diferencia observada excede este valor, se establece que la preferencia entre los productos evaluados es significativa (Escobar & Rodríguez, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El estudio se realizó en los laboratorios de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) e Instituto de Investigación Tecnológica de Agroindustria (IITA) y las instalaciones de la Planta Piloto Agroindustrial (PPA) de la Universidad Nacional del Santa, las cuales son:

- Instituto de Investigación Tecnológica de Agroindustria (IITA)
 - Laboratorio de Alimentos Funcionales
 - Laboratorio de Control de Calidad
 - Laboratorio de Operaciones Unitarias
- Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA)
 - Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales
- Planta Piloto Agroindustrial (PPA)
 - Área de Panificación
 - Área de Evaluación Sensorial

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materia prima

Con la finalidad de elaborar galletas dulces de buena calidad se utilizaron los siguientes ingredientes principales:

- Harina de sangre de Pollo
- Harina de maíz Morado
- Harina de cañihua
- Harina de kiwicha
- Harina de quinua

3.2.2. Insumos

- Azúcar rubia
- Leche en polvo
- Manteca vegetal
- Vainilla cremosa o blanca
- Glucosa
- Bicarbonato de amonio
- Bicarbonato de sodio
- Sal de mesa
- Canela en polvo
- Esencia de vainilla

3.2.3. Equipos

3.2.3.1. Obtención de harinas

- Secador de bandejas.
 - Marca: TORRH
 - Modelo: SBT-10X10
 - Serie: JP0010113
 - País: Perú
- Módulo de molienda y tamizado.
 - Marca: TORRH
 - Modelo: MDMT60XL
 - Serie: JP0011112
 - País: Perú
- Molino Ultracentrífuga
 - Marca: RETSCH
 - Modelo: ZM200
 - País: Alemania
- Tamiz Magnético:
 - Marca: RETSCH
 - Modelo AS 200 basic
 - País: EE. UU.

3.2.3.2. Elaboración de galletas

- Horno rotatorio de convección
 - Marca: NOVA
 - Modelo: MAX 1000
 - Capacidad: 1 coche
 - País: Perú

- Batidora planetaria
 - Marca: Artisan - Kitchen
 - Modelo: FPSTHS3610
 - País: Perú
- Balanza gramera.
 - Marca: PRECISA
 - Modelo: XB4200C
 - Desviación: 0.01 g
 - País: Suiza
- Selladora
 - Marca: TEW
 - Modelo: 207-MCSX
 - Serie: 20460047
 - Marca: China

3.2.3.3. Análisis químico proximal de las harinas y formulación óptima de las galletas

1. Humedad

- Estufa
 - Marca POL-EKO-APARATURA
 - Modelo SW-17TC
 - Serie SW-1990
 - Pais: E.E.U.U.

2. Grasa

- Sistema Extractor de Grasa
 - Marca: FOSS
 - Modelo: SOXTEC
 - Serie: O/C 045-2015 N°161
 - País: China

3. Ceniza

- Mufla
 - Marca: THERMOLYNE
 - Serie: 347034984
 - País: Alemania

4. Proteína

- Determinador elemental de proteínas por Combustión Dumas
 - Marca: LECO
 - Serie: 628S y CHN628
 - País: E.E.U.U

3.2.3.4. Análisis Fisicoquímico de las harinas y las 25 formulaciones de galletas

1. Colorimetría

- Colorímetro
 - Marca: CHN SPEC
 - Modelo: CS-520
 - País: China

2. Textura instrumental

- Texturómetro
 - Marca: BROOKFIELD
 - Modelo: CTS34500
 - Serie: 8555940
 - País: E.E.U.U

3.2.3.5. Análisis de actividad antioxidante y polifenoles totales de las harinas y las 25 formulaciones de galletas

- Centrifuga
 - Marca: Orto Alresa
 - Modelo: Digicen 21 R
 - País: España
- Lavadora ultrasonido
 - Marca: Branson
 - Modelo: 5800
 - Serie: CPXH-E
 - País: E.E.U.U
- Lector Multimodal
 - Marca: Bio Tek
 - Modelo: Syner-gy H1
 - País: E.E.U.U
- Agitador Vortex
 - Marca: IKA
 - Modelo: MS 3 CONTROL
 - País: Brasil

3.2.3.6. Equipos complementarios

- Pulverizador
 - Marca: FRITSCH
 - Modelo: Pulverisette 2
 - País: Alemania
- Balanza analítica
 - Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A G

- Serie: 321 LX
- Modelo: LX320A
- Desviación : 0.01 g
- País: Suiza
- Refrigeradora
 - Marca: Bosch
 - Modelo: KSV44
 - Serie: 0200148448
 - País: Suiza
- Selladora al vacío
 - Marca: Tefal Emballeus
 - Modelo: VT2540
 - País: E.E.U.U

3.2.4. Materiales de laboratorios y otros

- 10 Fiolas de 10ml, 50ml y 100ml.
- 5 vasos precipitados de 250, 500 y 1000ml.
- 20 placas Petri
- Unidades de Microplacas para lector multimodal.
- 5 bandejas de metal
- 30 bandejas de plástico
- 5 tazones de aceros inoxidables
- 2 paletas de acero inoxidable

3.2.5. Reactivos

- 1 unid. Acetona q.p. para análisis x 1000ml. Marca Duksan
- 1 unid. Metanol q.p. para análisis x 1000ml. Marca Duksan

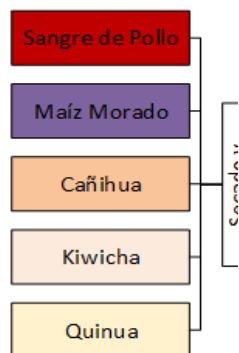
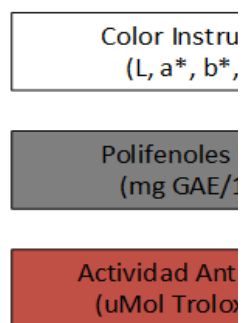
- 1 unid. Ácido Gálico para análisis x 100g. Marca Sigma Aldrich
- 1 unid. Folin & Ciocalteus phenol reagent para análisis x 500ml. Marca Supelco
- 1 unid. Carbonato sódico para análisis x 50g. Marca Chemilab
- 1 unid. DPPH para análisis x 1gr. Marca Merck-Sigma Aldrich
- 1 unid. Trolox para análisis x 1gr. Marca Merck-Sigma Aldrich
- 1 unid. Etanol q.p. para análisis x 1000ml. Marca Duksan
- 1 unid. Éter petróleo q.p. para análisis x 1000ml. Chemilab
- 1 unid. Hidróxido de Sodio x 1000g.
- 1 unidad de solución de α -amilasa x 5 ml. Marca Supelco
- 1 unidad de solución de proteasa x 5 ml. Marca Supelco
- 1 unidad de solución de amiloglucosidasa de 3 x 5 ml. Marca Supelco

3.3. Metodología

En la Figura 1 se detalla el esquema experimental aplicado para la elaboración de la presente investigación.

Figura 1.

Esquema experimental.

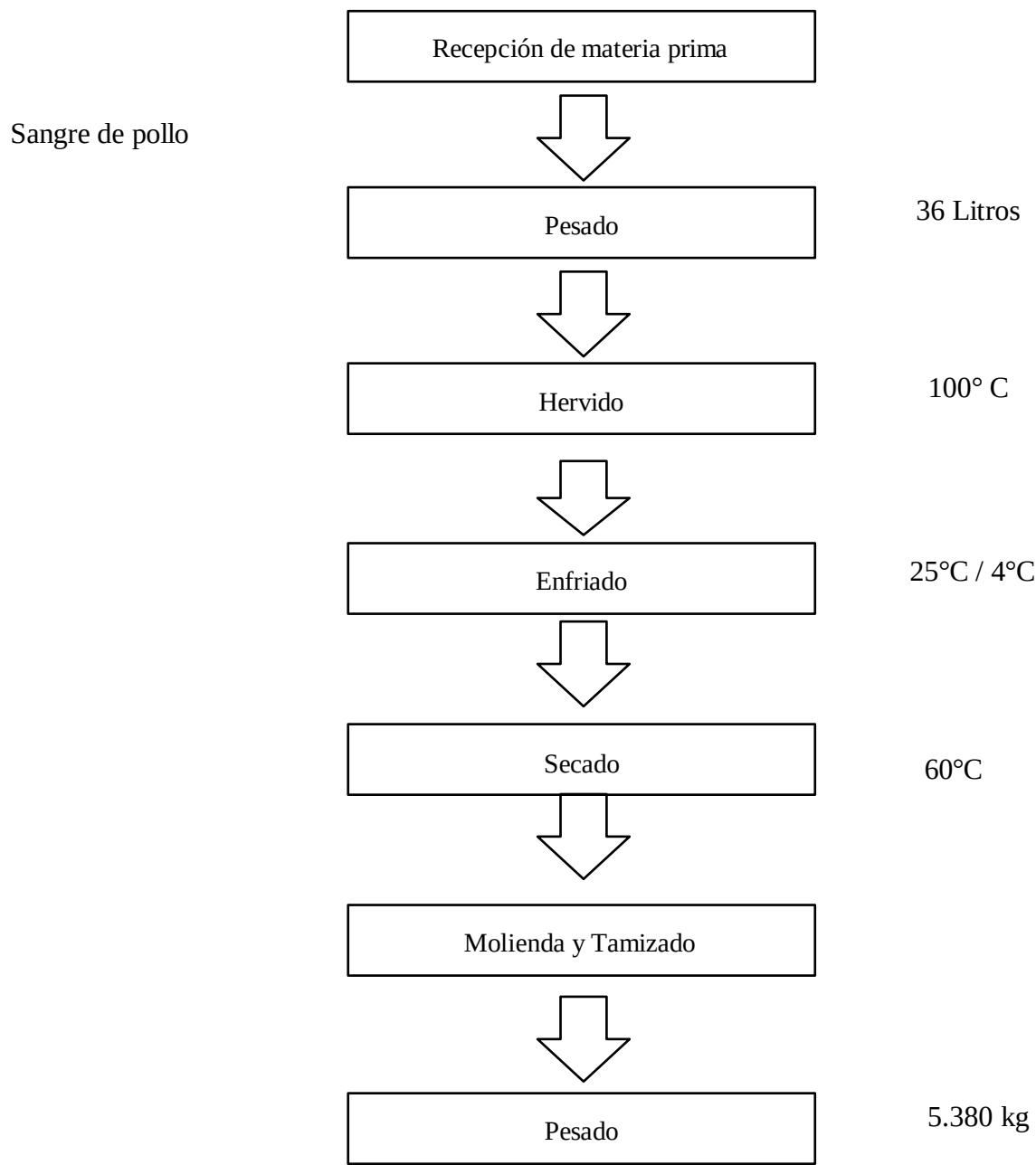


3.3.1. Proceso de obtención de harinas

3.3.1.1. Harina de sangre de pollo

Figura 2.

Esquema del proceso de la obtención de harina de sangre de pollo.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso de obtención de harina de sangre de pollo

Recepción de Materia Prima: El proceso comenzó a partir de la recepción de la materia prima (sangre de pollo), la cual se compró en el mercado la Perla.

Pesado: Con ayuda de una balanza, se registró la cantidad de materia prima adecuada para el proceso del cocido.

Hervido: Se procedió a hervir la materia prima (sangre de pollo) por razones de seguridad alimentaria, la sangre cruda puede contener bacterias y parásitos dañinos que pueden causar enfermedades. El hervido se hizo a 100 ° C para matar los microorganismos.

Enfriado: El enfriado se realizó a temperatura ambiente (25°C) y posteriormente dentro de una congeladora (4 °C).

Secado: Se ajustó la temperatura a 60°C y se dejaron las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Molienda: En esta fase consistió en la molienda de la sangre ya secada previamente para obtener partículas más finas.

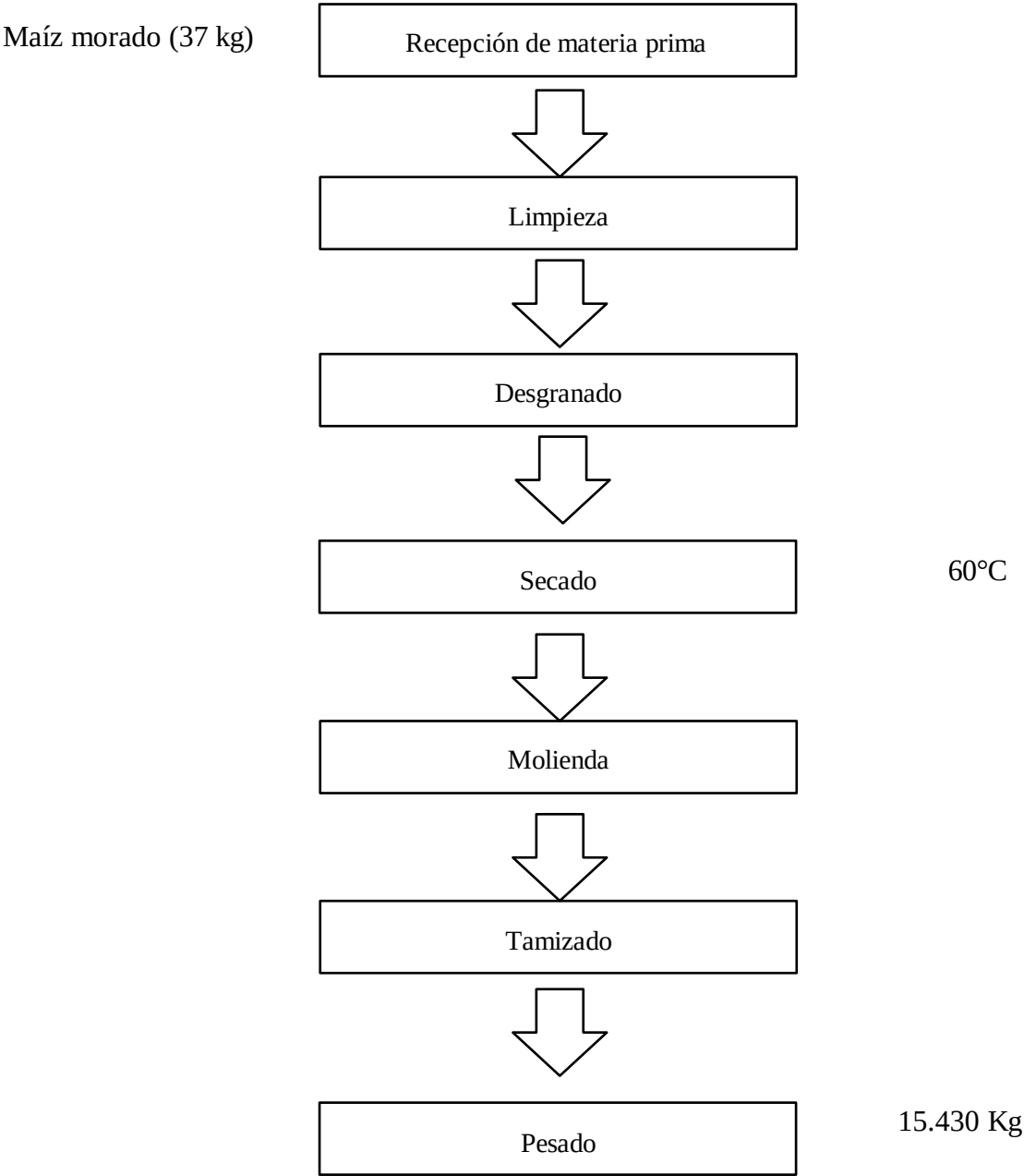
Tamizado: Este proceso se realizó para retirar partículas mayores al tamaño de poro de 0,20 mm, y se obtuvo harina de sangre de pollo más fina.

Almacenamiento: Obtenida la sangre de pollo, se procedió a empacar el insumo de una bolsa.

3.3.1.2. Harina de maíz morado

Figura 3.

Esquema del proceso de la obtención de harina de maíz morado.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso de obtención de harina de maíz morado

Recepción de Materia Prima: El proceso empezó a partir de la recepción de la materia prima (maíz morado), la cual se compró en el mercado la Perla.

Limpieza: Con ayuda de una escobilla de lavar limpia y seca se procedió a limpiar cuidadosamente la materia prima.

Desgranado: Se procedió a desgranar la materia prima (maíz morado) cuidadosamente con el fin de no perder alguna muela del maíz morado ya que es vital para su pesado final.

Secado: En esta fase se ajustó la temperatura a 60°C y se dejaron las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Molienda: Se ajustó la temperatura a 60°C y se dejaron las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Tamizado: En esta fase consistió en la molienda del maíz morado ya secada previamente para obtener partículas más finas.

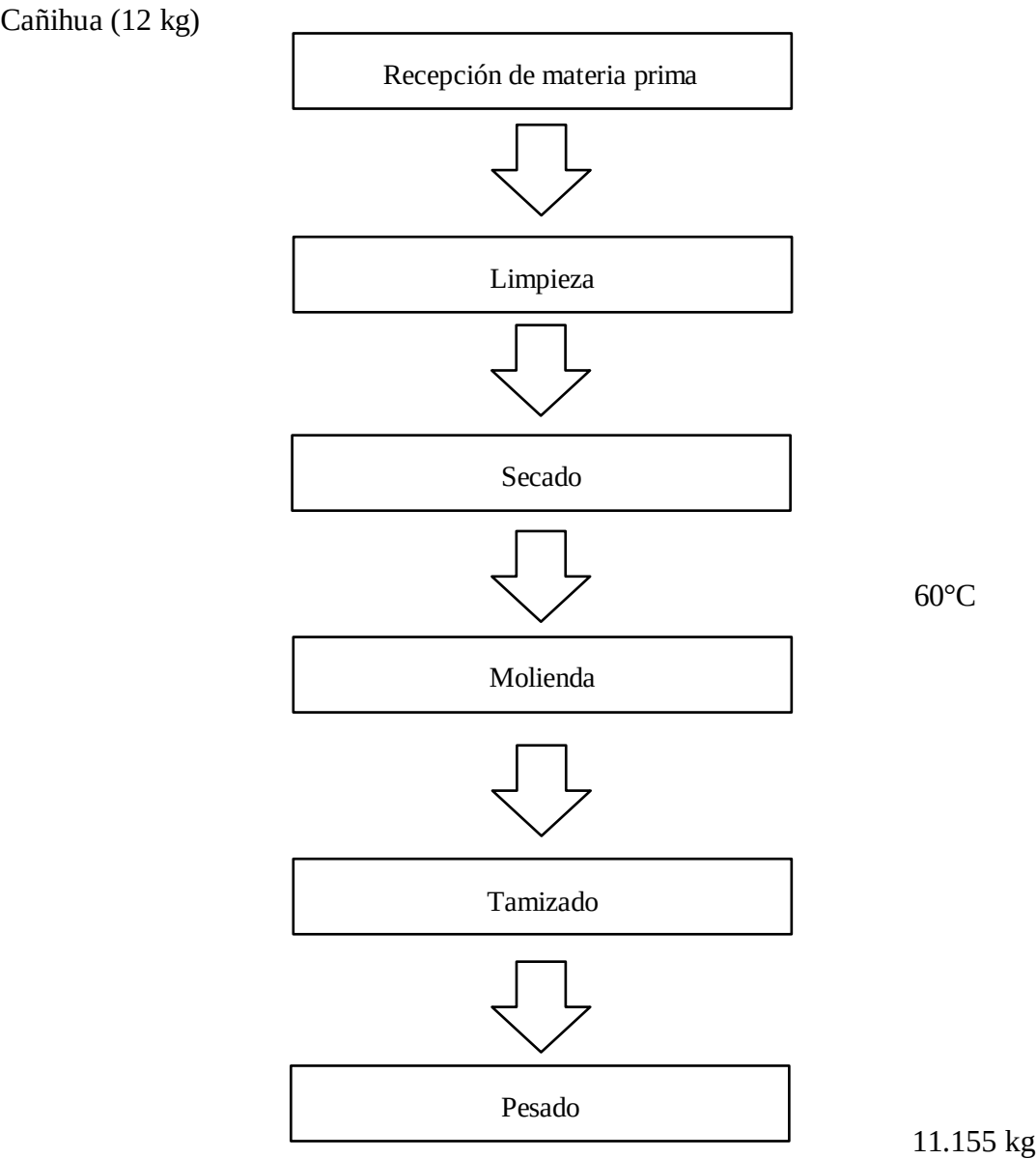
Pesado: Este proceso se realizó para retirar partículas mayores al tamaño de poro de 0,20 mm, y se obtuvo la harina de maíz morado más fina.

Almacenamiento: Obtenida la harina de maíz morado, se procedió a empacar el insumo de una bolsa.

3.3.1.3. Harina de cañihua

Figura 4.

Esquema del proceso de la obtención de harina de cañihua.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso de obtención de harina de cañihua

Recepción de Materia Prima: El proceso empezó a partir de la recepción de la materia prima (cañihua), la cual se compró en el mercado la Perla.

Limpieza: Con ayuda de una nuestras manos cubiertas con guantes se procedieron a limpiar cuidadosamente la materia prima.

Secado: En esta fase se ajustó la temperatura del secador a 60°C y se dejó las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Molienda: Se ajustó la temperatura a 60°C y se dejaron las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Tamizado: En esta fase consistió en la molienda de cañihua ya secada previamente para obtener partículas más finas.

Pesado: Este proceso se realizó para retirar partículas mayores al tamaño de poro de 0,20 mm, y se obtuvo la harina de cañihua más fina.

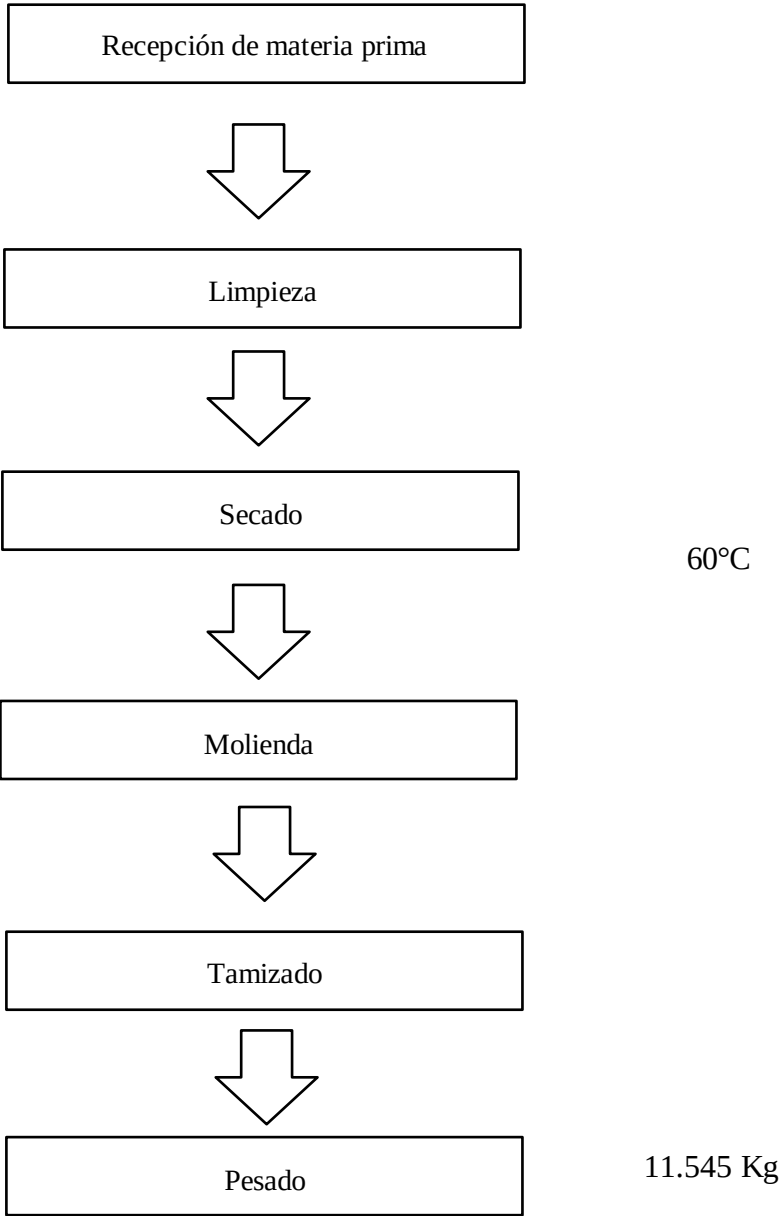
Almacenamiento: Obtenida la harina de cañihua, se procedió a empacar el insumo de una bolsa.

3.3.1.4. Harina de kiwicha

Figura 5.

Esquema del proceso de la obtención de harina de kiwicha.

Kiwicha (12 kg)



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso de obtención de harina de kiwicha

Recepción de Materia Prima: El proceso empezó a partir de la recepción de la materia prima (kiwicha), la cual se compró en el mercado la Perla.

Limpieza: Se procedió a limpiar cuidadosamente la materia prima con la ayuda de las manos con guantes.

Secado: En esta etapa se ajustó la temperatura a 60°C y se dejaron las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Molienda: Se ajustó la temperatura a 60°C y se dejaron las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Tamizado: En esta fase consistió en la molienda de kiwicha ya secada previamente para obtener partículas más finas.

Pesado: Este proceso se realizó para retirar partículas mayores al tamaño de poro de 0,20 mm, y se obtuvo la harina de kiwicha más fina.

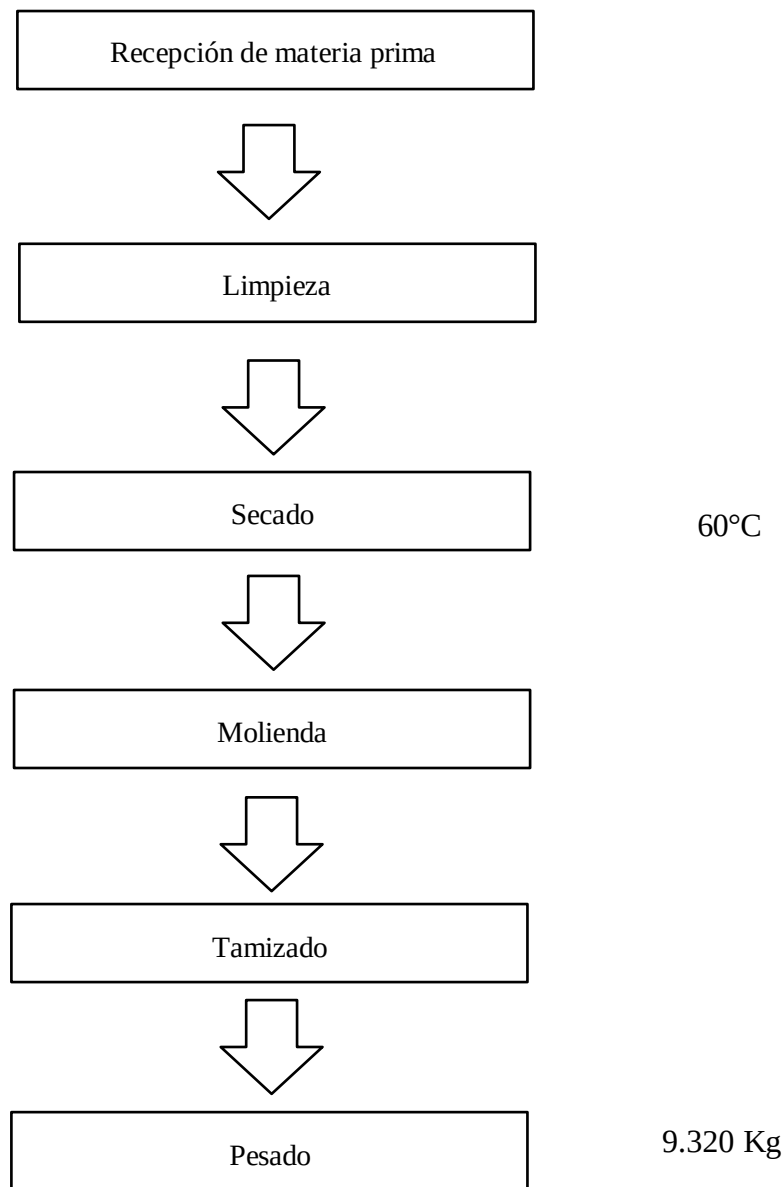
Almacenamiento: Obtenida la harina de kiwicha, se procedió a empacar el insumo de una bolsa.

3.3.1.5. Harina de quinua

Figura 6.

Esquema del proceso de la obtención de harina de quinua.

Quinua (10 kg)



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso de obtención de harina de quinua

Recepción de Materia Prima: El proceso empezó a partir de la recepción de la materia prima (quinua), la cual se compró en el mercado la Perla.

Limpieza: Se procedió a limpiar cuidadosamente la materia prima con la ayuda de las manos protegidas con guantes

Secado: En esta etapa se ajustó la temperatura a 60°C y se dejaron las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Molienda: Se ajustó la temperatura a 60°C y se dejaron las muestras por 30 horas en el secador por bandejas. Con el paso del tiempo, la humedad presente en las muestras se desapareció.

Tamizado: En esta fase consistió en la molienda de la quinua ya secada previamente para obtener partículas más finas.

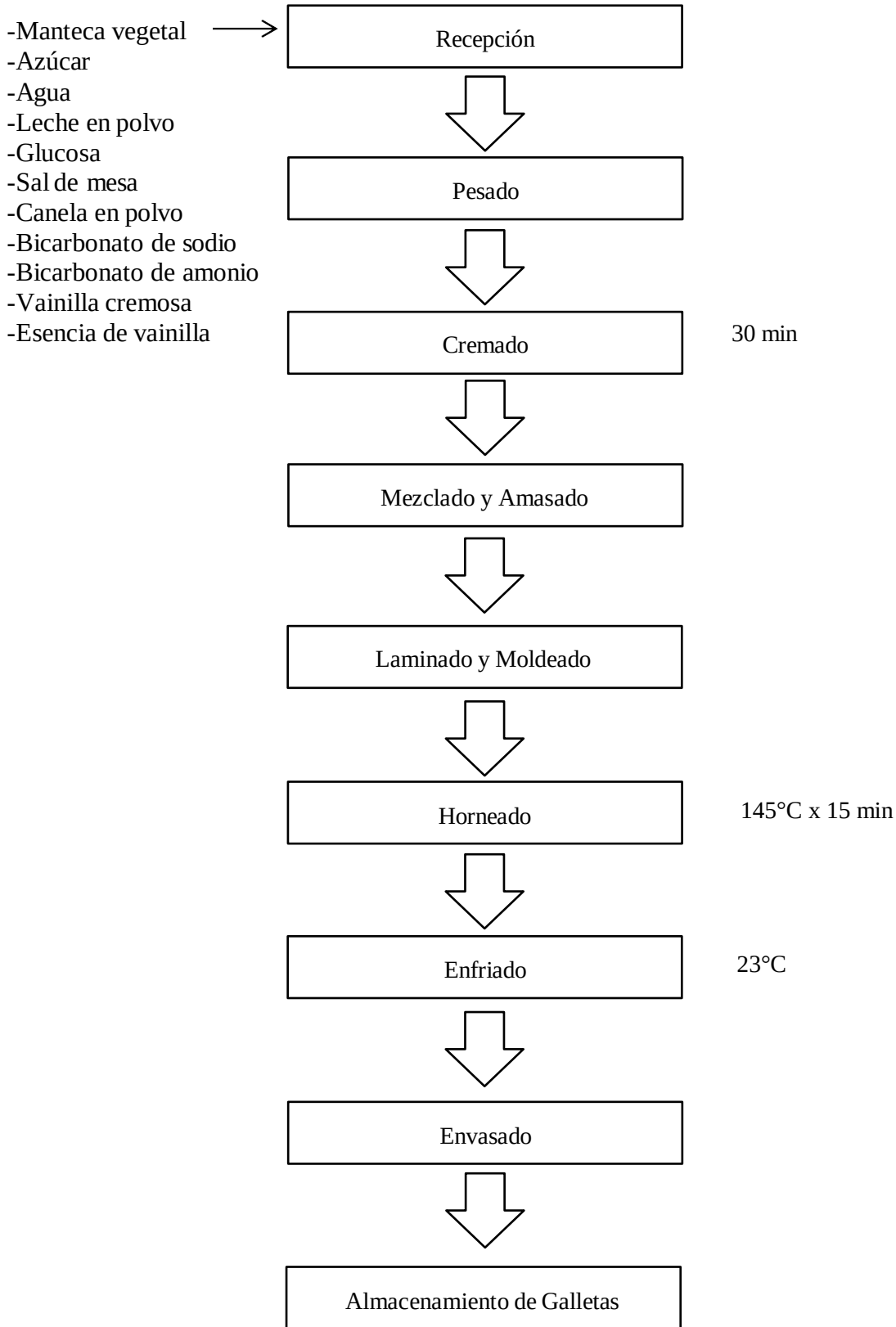
Pesado: Este proceso se realizó para retirar partículas mayores al tamaño de poro de 0,20 mm, y se obtuvo la harina de quinua más fina.

Almacenamiento: Obtenida la harina de quinua, se procedió a empacar el insumo de una bolsa.

3.3.2. Proceso de elaboración de galletas

Figura 7.

Esquema del proceso de elaboración de galletas.



Descripción del proceso de elaboración de galletas

Recepción de Materia Prima: Fue la parte inicial del proceso en el cual se recibieron las harinas, además de los ingredientes de la galleta.

Pesado: Se realizó el pesado de las materias primas para las siguientes operaciones.

Mezclado y Amasado: En este proceso se comenzó la mezcla de los ingredientes, de manera manual o haciendo uso de un amasador mecánico, se integraron homogéneamente los ingredientes de cada formulación.

Laminado y Moldeado: Para este proceso se extendió la masa con un rodillo, cuando se obtuvo el grosor apropiado, se procedió a realizar el corte con moldes para galletas.

Horneado: Las galletas se colocaron en bandejas para llevarlas al horno, la temperatura se programó a 145°C por 15 minutos.

Enfriado: Después del proceso de horneado, se dejó reposar hasta que alcanzaron una temperatura de 23°C.

Envasado: El envasado se realizó en bolsas de propileno para proteger la galleta contra daños mecánicos y la humedad.

Almacenamiento: Finalmente, las galletas se almacenaron en un ambiente idóneo donde la temperatura fuera ambiente y en un lugar seco.

3.3.3. Método de caracterización de las materias primas

3.3.3.1. Determinación de la composición proximal

Se procedió a realizar el análisis proximal de las harinas de sangrecita, maíz morado, cañihua, kiwicha y quinua utilizando una variedad de métodos de evaluación, entre los cuales se incluyen:

- **Energía:**

Se empleó para el cálculo del valor energético el método Atwater, el cual establece un valor energético estimado de; 4 kilocalorías por cada gramo de carbohidrato, 4 kilocalorías por cada gramo de proteína y 9 kilocalorías por cada gramo de grasa.

- **Humedad:**

Se empleó el método establecido en el AOAC, 1990, para determinar el contenido de humedad en las muestras analizadas.

- **Proteína:**

El análisis del contenido de proteína siguió el procedimiento detallado en el A.O.A.C.2001.11, 2012.

- **Grasa:**

Se llevó a cabo la determinación del contenido de grasa utilizando el método AOAC, 963.15 del año 2005.

- **Ceniza:**

El contenido de ceniza se evaluó mediante el método NTP 205.038, establecido en el año 1975.

- **Carbohidratos:**

El método utilizado para determinar el contenido de carbohidratos fue el NTP 205.038, establecido en 1975. Este valor se calculó restando 100% de la suma

de los porcentajes de humedad (H), proteínas (P), grasa (G) y ceniza(C)

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

3.3.3.2. Determinación de las características tecnológicas

Determinación de color: se realizó utilizando un colorímetro (CHN SPEC, CS-520, China) y siguiendo el método CIE-lab, determinando los valores de L*luminosidad (negro 0 / Blanco 100), a (verde - / rojo +) y b * (azul - / amarillo +). El ángulo de tonalidad (h*) y cromaticidad (C*).

$$\text{Cromaticidad} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$\text{Ángulo de tonalidad} = \arctg b^*/a^*$$

3.4. Diseño Experimental

3.4.1. Variables independientes

Se tomaron en cuenta como variables independientes los porcentajes de harina de sangrecita (X1), harina de maíz morado (X2), harina de cañihua (X3), harina de kiwicha (X4) y harina de quinua (X5).

3.4.2. Variables dependientes

- Características tecnológicas o físicas: textura instrumental y colorimetría
- Características sensoriales o organolépticas: olor, sabor, color, textura e intención de compra
- Características funcionales o compuestos bioactivos: polifenoles totales y actividad antioxidante

3.4.3. Diseño estadístico

Con la finalidad de encontrar la formulación optima, se implementó un diseño experimental utilizando un Diseño de Mezclas D – Optimal

3.4.4. Análisis estadístico

Los resultados derivados de los diversos análisis realizados serán procesados utilizando el software DESIGN EXPERT v7.0.0, que nos habilitará para llevar a cabo análisis de varianza ANOVA. De esta manera, podremos determinar si hay alguna diferencia significativa con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

3.4.5. Formulación de las galletas

La receta principal o base empleada en la preparación de las galletas se detalla en la tabla 9.

Tabla 9.

Formulación control planteada en la elaboración de galletas.

Ingredientes	Cantidad (g)
Harinas	500
Manteca vegetal	128.25
Azúcar	145
Agua	108.4
Leche en polvo	8.4
Glucosa	33.5
Sal de mesa	2.95
Canela en polvo	1.25
Bicarbonato de sodio	1.7
Bicarbonato de amonio	3.3
Vainilla cremosa	1.25
Esencia de vainilla	½ tapita

La Tabla 9 presenta la formulación control para la elaboración de galletas, estableciendo una receta base con harina (500 g) como ingrediente principal, complementada con manteca vegetal (128.25 g), azúcar (145 g) y agua (108.4 g) para lograr la textura deseada. Se incluyen leche en polvo (8.4 g) y glucosa (33.5 g) como mejoradores, mientras que sal (2.95 g), canela (1.25 g) y vainilla (1.25 g + ½ tapita de esencia) aportan sabor. Los agentes leudantes (bicarbonato de sodio (1.7 g) y bicarbonato de amonio (3.3 g)) garantizan una textura adecuada. Esta formulación sirve como referencia para futuras modificaciones y análisis sensoriales.

3.4.6. Metodología de evaluación de la calidad de las galletas

- Caracterización funcional de la galleta

- Obtención de extracto

Para la obtención del extracto de las muestras se siguió el método para obtener el extracto se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Pesar 1g de cada muestra de harina en cada tubo de ensayo.
- Agregar 10ml de una solución metanol: agua (50:50) a pH 2, seguidamente agitar durante 2-4 minutos en el vortex.
- Baño ultrasónico por 30 minutos, seguido de centrifugar durante 30 minutos a 4000 rpm. Separa el sobrenadante (A) resultante y guardar en refrigeración
- Agregar 20ml de una solución acetona: agua (70:30), seguidamente agitar durante 2-4 minutos en el vortex.
- Baño ultrasónico por 30 minutos, seguido de centrifugar durante 30 minutos a 4000 rpm. Separa el sobrenadante (B) resultante y guardar en refrigeración
- Combinar los sobrenadantes A y B, filtrar con papel filtro y guardar en refrigeración

- Polifenoles totales

Se determinó mediante el método establecido por Folin & Ciocalteu (1927). Los resultados se expresaron en mg ácido gálico (GAE) /100 g muestra. Según el método estandarizado se tiene la siguiente metodología para la preparación de reactivos:

a) Preparación de solución Folin- Ciocalteu 2N

Tomar 5ml del reactivo Folin - Ciocalteu y aforar con agua destilada en una fiola color ámbar o forrada con papel aluminio de 10 ml.

Posteriormente llevar al equipo vortex por 3-5 min para homogenizar.

b) Preparación de solución de ácido gálico 450 ug/ml

Pesar 0.0225g de ácido gálico y aforar con agua destilada en una fiola color ámbar o forrada con papel aluminio de 50 ml. Posteriormente llevar al equipo vortex por 3-5 min para disolver el ácido gálico.

c) Preparación de solución de carbonato de sodio al 20%

Pesar 2g de carbonato de sodio y aforar con agua destilada en una fiola color ámbar o forrada con papel aluminio de 10 ml. Posteriormente llevar al equipo vortex por 3-5 min para disolver el carbonato de sodio.

d) Determinación de la curva estándar

- En 6 tubos eppendorf añadir 20µl, 40µl, 60µl, 80µl, 100µl de solución de ácido gálico respectivamente, en el sexto no agregar.
- A todos agregar 100 µl de la solución Folin- Ciocalteu 2N a todos, reposar por 5 min
- A todos agregar 50 µl de la solución de carbonato de sodio al 20% a todos, y en los 6 tubos eppendorf añadir 1080µl, 1060µl, 1040µl, 1020µl, 1000µl y 1100µl de solución de ácido gálico respectivamente, reposar por 2 horas

e) Lectura de las muestras

- En tubo de microcentrífuga Eppendorf de 1.5ml agregar 800 µl de la muestra más 100µl de solución Folin- Ciocalteu 2N, reposas 5 min, luego agregar 50 µl de la solución de carbonato de sodio al 20% y 300 µl de agua destilada, reposar por 2 horas.
- En la microplaca para lectura en el multimodal agregar 200µl de los 6 tubos eppendorf de la curva y 200µl de las muestras.

- Lectura absorbancia a 739 nm

Determinación de actividad antioxidante por DPPH

a) Preparación de solución DPPH 1mM

Pesar 0.02 g del reactivo DPPH y aforar con metanol en una fiola color ámbar o forrada con papel aluminio 50 ml. Posteriormente llevar al equipo vortex por 3-5 min para homogenizar. Y diluir con metanol hasta llegar a una absorbancia cercana a 0.800 a 515nm.

b) Preparación de solución de Trolox 1mM

Pesar 0.0125g de Trolox y aforar con metanol en una fiola color ámbar o forrada con papel aluminio de 50 ml. Posteriormente llevar al equipo vortex por 3-5 min para disolver el ácido gálico.

c) Determinación de la curva estándar

En 8 tubos eppendorf preparar 500µl, 400µl, 200µl, 100µl, 50µl, 25µl, 10µl, y 5µl de concentración de Trolox respectivamente, y aforar con metanol.

d) Lectura de las muestras

En la microplaca para lectura en el multimodal agregar 10µl de los 8 tubos de la curva y de 10 µl de las muestras. Luego a todas a agregar 190 µl de la solución de DPPH ajustado. Lecturar la absorbancia a 515 nm

- **Caracterización tecnológica de las galletas**

- **Análisis de textura instrumental**

Se utilizó un dispositivo de análisis de textura Brookfield CT3, el cual se encontraba conectado a un software denominado Texture Pro CT V1.4 Build 17. Este equipo cuenta con una plataforma de aluminio sobre la cual se dispusieron las galletas para su evaluación. Se aplicó una fuerza de compresión utilizando una celda de carga con capacidad de hasta 500 N y una velocidad de 0.5 mm/s. De esta manera, se llevó a cabo una prueba de compresión para determinar el parámetro de dureza (mJ).

- **Análisis de color instrumental**

Para determinar la colorimetría de las galletas, se utilizó un colorímetro (CHN SPEC, CS-520, China) y se siguió el método CIE-Lab. Este método permite calcular los valores de luminosidad (L^*), donde el negro es 0 y el blanco es 100, así como los valores de a^* (verde - / rojo +) y b^* (azul - / amarillo +). Además, se determinaron el ángulo de tonalidad (h^*) y la cromaticidad (C^*).

$$\text{Cromaticidad} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$\text{Ángulo de tonalidad} = \arctg b^*/a^*$$

- **Análisis sensorial**

Se realizó un análisis sensorial de todas las formulaciones, incluyendo la galleta de referencia. Este análisis comprendió pruebas sensoriales relacionadas con el olor, sabor, color, textura e intención de compra. Participaron en la degustación un grupo de 30 panelistas semi-entrenados de entre 18 y 25 años, pertenecientes a la UNS. Cada panelista probó todas las formulaciones de galletas y emitió su

opinión sobre los atributos sensoriales mencionados. Los resultados se registraron utilizando una escala hedónica de 9 puntos.

3.4.7. Elección de la formulación optima

Para elegir la formulación optima de galletas, se aplicó un enfoque de optimización de múltiples respuestas utilizando el software Designe Expert 7.0.0 Trial. En este proceso, se buscó maximizar tres aspectos, como el sabor, el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante.

3.4.8. Composición proximal de la formulación óptima

Los análisis se realizaron a la formulación optima con mayor deseabilidad.

- **Energía**

Se empleó para el cálculo del valor energético el método Atwater, el cual establece un valor energético estimado de; 4 kilocalorías por cada gramo de carbohidrato, 4 kilocalorías por cada gramo de proteína y 9 kilocalorías por cada gramo de grasa.

- **Humedad**

Se empleó el método establecido en el AOAC, 1990, para determinar el contenido de humedad en las muestras analizadas.

- **Proteína**

El análisis del contenido de proteína siguió el procedimiento detallado en el A.O.A.C.2001.11, 2012.

- **Grasa**

Se llevó a cabo la determinación del contenido de grasa utilizando el método AOAC, 963.15 del año 2005.

- **Fibra**

Se llevó a cabo la determinación del contenido de fibra utilizando el método AOAC, 985.29 del año 1985.

- **Ceniza**

El contenido de ceniza se evaluó mediante el método NTP 205.038, establecido en el año 1975.

- **Carbohidratos:**

El método utilizado para determinar el contenido de carbohidratos fue el NTP 205.038, establecido en 1975. Este valor se calculó restando 100% de la suma de los porcentajes de humedad (H), proteínas (P), grasa (G) y ceniza (C)

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización de materias primas

4.1.1. Composición proximal

4.1.1.1. Harina de sangrecita

Los resultados de los análisis efectuados a la harina de sangrecita se presentan en la tabla 10.

Tabla 10.

Composición proximal de la harina de sangrecita (100g en base seca).

Composición	Valores obtenidos (%)
Energía (Kcal)	356.36± 0.12
Humedad	9.69± 0.03
Grasas	1.38± 0.02
Cenizas	2.94 ± 0.23
Proteínas	86.0 ± 0.01

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

Los resultados de la composición de la harina de sangrecita revelan un contenido del 9.69% de humedad, 1.38% de grasa, 2.94% de cenizas, 86.0% de proteína. Las muestras presentan un rango para humedad de 6.82 a 13.83 %; proteína, 73.27 a 87.81 %; extracto etéreo 0.15 a 0.68 % y cenizas de 2.01 a 4.40 %. Se obtuvo un amplio rango de variación en el set de las 30 muestras utilizadas en la calibración. Los valores de la composición nutricional de la harina de sangre fue para humedad 9.20%, proteína 81.71%, grasa 0.30% y cenizas 3.20%, concuerdan con los resultados de obtenidos por Santiago et al. (2011), descrito en las tablas brasileras para aves y cerdos de composición de alimentos y requerimientos nutricionales siendo de 7.1%, 83.5%, 0.46% y 3.4% respectivamente. Los rangos del porcentaje humedad son superiores a las obtenidos por Ockerman (2000). También, la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [FEDNA] (2012) muestra resultados similares de 8 %, 87 %, 0.8 % y 3.5 %. Estas diferencias se deben al diferente procedimiento realizado para la obtención de dicho producto. Sin embargo, Beltrán y Perdomo (2007), Cifuentes (2007) y Zamora (2016) muestran resultados inferiores en proteína, pero superiores es extracto etéreo y cenizas. Dichos resultados podrían deberse a los diferentes tipos de proceso de obtención de harina de sangre y uso de diferente tipo de anticoagulante.

4.1.1.2. Harina de maíz morado

Los resultados de los análisis efectuados a la harina de maíz morado se presentan en la tabla 11.

Tabla 11.

Composición proximal de la harina de maíz morado (100g en base seca).

Composición	Valores obtenidos (%)
Energía (Kcal)	389.24± 0.10
Humedad	8.24± 0.03
Grasas	4.80± 0.03
Cenizas	0.44 ± 0.11
Proteína	9.97 ± 0.16
Carbohidratos	76.55

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

La Tabla 11 presenta la composición proximal de la harina de maíz morado (100 g en base seca), evidenciando un alto contenido de carbohidratos (76.55%), lo que la posiciona como una fuente energética significativa (389.24 Kcal). Su contenido de proteína (9.97%) sugiere un aporte moderado de este macronutriente, mientras que la grasa (4.80%) y las cenizas (0.44%) reflejan la presencia de compuestos lipídicos y minerales en menor proporción. El contenido de humedad (8.24%) indica una estabilidad adecuada para almacenamiento. Estos valores, obtenidos como media de tres repeticiones ± DS, son fundamentales para evaluar su potencial en aplicaciones alimentarias.

4.1.1.3. Harina de cañihua

Los resultados de los análisis efectuados a la harina de cañihua se presentan en la tabla 12.

Tabla 12.

Composición proximal de la harina de cañihua (100g en base seca).

Composición	Valores obtenidos (%)
Energía (Kcal)	388.30± 0.15
Humedad	8.88± 0.04
Grasas	5.82± 0.10
Cenizas	1.32 ± 0.19
Proteína	15.72 ± 0.12
Carbohidratos	68.26

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

La harina de cañihua presenta una composición nutricional equilibrada, destacando un contenido proteico del 15.72%, superior al de otros cereales, lo que

la convierte en una excelente fuente de proteínas. Su aporte energético es de 388.30 Kcal, principalmente debido a su alto contenido de carbohidratos (68.26%). Además, contiene 5.82% de grasa, 1.32% de cenizas, y una humedad del 8.88%, lo que favorece su estabilidad en almacenamiento. Estos resultados, obtenidos como promedio de tres repeticiones $\pm$ DS, evidencian el potencial de la cañihua como ingrediente funcional en diversas formulaciones alimentarias.

4.1.1.4. Harina de kiwicha

Los resultados de los análisis efectuados a la harina de kiwicha se presentan en la tabla 13.

Tabla 13.

Composición proximal de la harina de kiwicha (100g en base seca).

Composición	Valores obtenidos (%)
Energía (Kcal)	365.75 $\pm$ 0.12
Humedad	10.89 $\pm$ 0.04
Grasas	3.72 $\pm$ 0.02
Cenizas	2.32 $\pm$ 0.03
Proteína	14.50 $\pm$ 0.04
Carbohidratos	68.57

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS.

Los resultados de la composición de la harina de kiwicha revelan un contenido del 10.89% de humedad, 3.72% de grasa, 2.32% de cenizas, 14.50% de proteína y 68.57% de carbohidratos. Los resultados del análisis químico proximal para la harina de Kiwicha cumplen los rangos que especifica Mosquera et al. (2012) como Humedad (10.1%), Proteínas (17.8%), Grasa (3.2%), Carbohidratos (61.7%) y Fibra (5.1%). Además, Reyes (2007) citado por Chamorro (2018) considera que, “la gran dispersión del porcentaje de humedad en los granos de kiwicha evidencia los diversos manejos de post cosecha previo al almacenamiento, así como también el periodo y condiciones de almacenaje” (p. 23). Incluso depende del tipo de variedad de Kiwicha a emplear, no sólo en el contenido de humedad, sino también en toda su composición (Pascual y Zapata, 2010). Tal es el caso, que Morales et al., (2014) afirma que, el valor biológico del *A. hypocondriacus* sin ningún tratamiento tiene el valor de 73%, mientras que el *A. caudatus* popeado llega incluso hasta 86%, lo cual indica que la disponibilidad de aminoácidos indispensables de la proteína es elevada.

Paucar-Menacho *et al.* (2017) considera que, “la kiwicha es una buena fuente de proteínas (13% a 19%) con un adecuado balance de aminoácidos esenciales. El contenido de proteínas y aminoácidos de la Kiwicha depende tanto

del genotipo y de las condiciones ambientales para el crecimiento de la planta (Akin-Idowu *et al.*, 2013, citado por Chamorro, 2018; p. 11). En esta investigación, el resultado de proteínas fue de 17%.

Los granos de kiwicha presentan entre 1,9 a 6,7 por ciento de fibra (Barba de la Rosa *et al.*, 2008, citado por Chamorro, 2018). El resultado del contenido de fibra (5.1%) cumple, de igual forma, con el intervalo de este autor.

4.1.1.5. Harina de quinua

Los resultados de los análisis efectuados a la harina de quinua se presentan en la tabla 14.

Tabla 14.

Composición proximal de la harina de quinua (100g en base seca).

Composición	Valores obtenidos (%)
Energía (Kcal)	351.01± 0.13
Humedad	11.39± 0.05
Grasas	2.50± 0.11
Cenizas	3.98 ± 0.04
Proteína	15.03 ± 0.04
Carbohidratos	67.10

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

La harina de quinua presenta un aporte energético de 351.01 Kcal, con un 67.10% de carbohidratos como principal fuente de energía. Su contenido proteico alcanza el 15.03%, destacando su valor nutricional. Además, contiene 2.50% de grasa, 3.98% de cenizas, y una humedad del 11.39%, factores que pueden influir en su estabilidad y conservación. Estos valores, obtenidos a partir del promedio de tres repeticiones ± DS, evidencian su potencial como ingrediente funcional en diversas aplicaciones alimentarias.

4.1.2. Colorimetría

4.1.2.1. Harina de sangrecita

Los resultados de los análisis colorimétricos efectuados a la harina de sangrecita se presentan en la tabla 15.

Tabla 15.*Análisis de colorimetría de la harina de sangrecita.*

Parámetros	Valores obtenidos
Luminosidad (L*)	35.85 ± 0.46
a*	1.73 ± 0.12
b*	1.97 ± 0.15
Cromaticidad (C*)	2.63 ± 0.19
Ángulo de tonalidad (h*)	48.69 ± 0.53
Color referencial	

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

El análisis colorimétrico de la harina de sangrecita revela una *luminosidad (L)* de $35.85 \pm 0.46^*$, indicando un tono oscuro característico. Los valores de *cromaticidad (C)* de $2.63 \pm 0.19^*$ y *ángulo de tonalidad (h)* de $48.69 \pm 0.53^*$ sugieren una tonalidad tenue con una ligera tendencia hacia colores cálidos. Además, los parámetros *a* (1.73 ± 0.12) y *b* (1.97 ± 0.15) ** reflejan una baja intensidad en los componentes rojo-verde y amarillo-azul, respectivamente. Estos resultados, obtenidos a partir del promedio de tres repeticiones ± DS, proporcionan una referencia objetiva para caracterizar el color de la harina de sangrecita y su potencial aplicación en productos alimentarios.

4.1.2.2. Harina de maíz morado

Los resultados de los análisis colorimétricos efectuados a la harina de maíz morado se presentan en la tabla 16.

Tabla 16.*Análisis de colorimetría de la harina de maíz morado.*

Parámetros	Valores obtenidos
Luminosidad (L*)	65.31 ± 0.45
a*	4.23 ± 0.02
b*	2.67 ± 0.12
Cromaticidad (C*)	5.01 ± 0.05
Ángulo de tonalidad (h*)	32.23 ± 1.28
Color referencial	

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

El análisis colorimétrico de la harina de maíz morado muestra una *luminosidad (L)* de $65.31 \pm 0.45^*$, lo que indica un tono relativamente claro en comparación con otras harinas. El valor de *cromaticidad (C)* de $5.01 \pm 0.05^*$ sugiere

una intensidad moderada del color, mientras que el *ángulo de tonalidad (h)* de $32.23 \pm 1.28^*$ señala una tendencia hacia tonalidades rojizas. Además, los parámetros *a* (4.23 ± 0.02) y *b* (2.67 ± 0.12) ** reflejan una predominancia de matices rojos y amarillos, respectivamente. Estos valores, obtenidos a partir del promedio de tres repeticiones $\pm$ DS, permiten caracterizar objetivamente el color de la harina de maíz morado y su posible impacto en aplicaciones alimentarias.

4.1.2.3. Harina de cañihua

Los resultados de los análisis colorimétricos efectuados a la harina de cañihua se presentan en la tabla 17.

Tabla 17.

Análisis de colorimetría de la harina de cañihua.

Parámetros	Valores obtenidos
Luminosidad (L*)	62.76 ± 0.46
a*	3.36 ± 0.02
b*	11.53 ± 0.07
Cromaticidad (C*)	12.01 ± 0.06
Ángulo de tonalidad (h*)	73.74 ± 0.20
Color referencial	

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS.

El análisis colorimétrico de la harina de cañihua revela una *luminosidad (L)* de $62.76 \pm 0.46^*$, lo que indica un tono moderadamente claro. El valor de *cromaticidad (C)* de $12.01 \pm 0.06^*$ refleja una saturación de color notable, mientras que el *ángulo de tonalidad (h)* de $73.74 \pm 0.20^*$ sugiere una inclinación hacia tonalidades amarillentas. Asimismo, los valores de *a* (3.36 ± 0.02) y *b* (11.53 ± 0.07) ** evidencian una mayor presencia de matices amarillos en comparación con los rojos. Estos resultados, obtenidos a partir del promedio de tres repeticiones $\pm$ DS, contribuyen a la caracterización cromática de la harina de cañihua y su potencial impacto en formulaciones alimentarias.

4.1.2.4. Harina de kiwicha

Los resultados de los análisis colorimétricos efectuados a la harina de kiwicha se presentan en la tabla 18.

Tabla 18.*Análisis de colorimetría de la harina de kiwicha.*

Parámetros	Valores obtenidos
Luminosidad (L*)	82.75 ± 0.41
a*	1.65 ± 0.01
b*	15.08 ± 0.13
Cromaticidad (C*)	15.17 ± 0.13
Ángulo de tonalidad (h*)	83.75 ± 0.06
Color referencial	

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

El análisis colorimétrico de la harina de kiwicha muestra una *luminosidad (L)* de $82.75 \pm 0.41^*$, indicando un tono claro. El valor de *cromaticidad (C)* de $15.17 \pm 0.13^*$ sugiere una notable intensidad de color, mientras que el *ángulo de tonalidad (h)* de $83.75 \pm 0.06^*$ señala una predominancia de matices amarillos. Asimismo, los parámetros *a* (1.65 ± 0.01) y *b* (15.08 ± 0.13) ** reflejan una mayor tendencia hacia tonalidades amarillentas con una mínima presencia de matices rojizos. Estos datos, obtenidos a partir del promedio de tres repeticiones ± DS, contribuyen a la caracterización visual de la harina de kiwicha y su potencial uso en formulaciones alimentarias.

4.1.2.5. Harina de quinua

Los resultados de los análisis colorimétricos efectuados a la harina de quinua se presentan en la tabla 19.

Tabla 19.*Análisis de colorimetría de la harina de quinua.*

Parámetros	Valores obtenidos
Luminosidad (L*)	88.36 ± 0.03
a*	0.65 ± 0.05
b*	13.36 ± 0.13
Cromaticidad (C*)	13.37 ± 0.13
Ángulo de tonalidad (h*)	87.20 ± 0.18
Color referencial	

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

Los valores obtenidos en el análisis colorimétrico de la harina de quinua reflejan un tono claro, con una *luminosidad (L)* de $88.36 \pm 0.03^*$. La *cromaticidad (C)* de $13.37 \pm 0.13^*$ indica una intensidad moderada del color, mientras que el

ángulo de tonalidad (h) de $87.20 \pm 0.18^*$ sugiere una predominancia de tonalidades amarillas. Además, los valores de *a* (0.65 ± 0.05) y *b* (13.36 ± 0.13) ** evidencian una ligera tendencia hacia los tonos cálidos, con una mayor presencia de matices amarillos que rojizos. Estos resultados, obtenidos a partir del promedio de tres repeticiones $\pm$ DS, permiten caracterizar la coloración de la harina de quinua y su posible impacto en aplicaciones alimentarias.

4.1.3. Polifenoles totales

Los resultados de los análisis de polifenoles totales efectuados a las harinas se presentan en la tabla 20.

Tabla 20.

Análisis de compuestos bioactivos en harinas.

Harina	Polifenoles totales (mg GAE/100g)
Harina de sangrecita	6.74 ± 0.06
Harina de maíz morado	205.79 ± 3.84
Harina de cañihua	47.50 ± 0.57
Harina de kiwicha	7.19 ± 0.22
Harina de quinua	44.48 ± 0.12

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS.

El análisis de compuestos bioactivos en distintas harinas evidencia una notable variabilidad en el contenido de polifenoles totales (mg GAE/100g). Destaca la harina de maíz morado, que presentó el mayor contenido con 205.79 ± 3.84 mg GAE/100g, lo que sugiere una alta capacidad antioxidante. Le sigue la harina de cañihua con 47.50 ± 0.57 mg GAE/100g y la harina de quinua con 44.48 ± 0.12 mg GAE/100g, ambos valores relevantes en términos de bioactividad. En contraste, la harina de kiwicha (7.19 ± 0.22 mg GAE/100g) y la harina de sangrecita (6.74 ± 0.06 mg GAE/100g) presentan concentraciones significativamente menores. Estos resultados, obtenidos a partir de tres repeticiones $\pm$ DS, resaltan la importancia del maíz morado como una fuente rica en polifenoles y potencialmente beneficiosa para la salud.

4.1.4. Actividad antioxidante

Los resultados de los análisis de capacidad antioxidantes efectuados a las harinas se presentan en la tabla 21.

Tabla 21.*Análisis de capacidad antioxidante en harinas.*

Harina	DPPH (uMol Trolox/100g)
Harina de sangrecita	30.96 ± 3.87
Harina de maíz morado	5810.40 ± 47.34
Harina de cañihua	1147.85 ± 47.34
Harina de kiwicha	58.86 ± 4.73
Harina de quinua	912.15 ± 38.65

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

El análisis de capacidad antioxidante en distintas harinas, medido mediante el método DPPH (uMol Trolox/100g), muestra diferencias significativas entre las muestras evaluadas. La harina de maíz morado presentó la mayor capacidad antioxidante con 5810.40 ± 47.34 uMol Trolox/100g, lo que confirma su alto potencial como fuente de compuestos antioxidantes. Le siguen la harina de cañihua (1147.85 ± 47.34 uMol Trolox/100g) y la harina de quinua (912.15 ± 38.65 uMol Trolox/100g), que también exhiben una actividad considerable. En contraste, la harina de kiwicha (58.86 ± 4.73 uMol Trolox/100g) y la harina de sangrecita (30.96 ± 3.87 uMol Trolox/100g) presentan los valores más bajos. Estos resultados, obtenidos a partir de tres repeticiones ± DS, destacan al maíz morado como la harina con mayor capacidad antioxidante, lo que refuerza su potencial beneficio para la salud.

4.2. Evaluación de calidad de galletas

4.2.1. Textura instrumental (Dureza)

Tabla 22.

Resultados de dureza de las formulaciones de galletas.

Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Dureza (N)
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	0.0947
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	0.0516
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	0.0484
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	0.0729
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	0.033
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	0.0833
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	0.0512
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	0.0498
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	0.0738
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	0.061
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	0.057
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	0.0632
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	0.0354
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	0.0289
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	0.019
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	0.0176
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	0.0131
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	0.0246
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	0.0289
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	0.0318
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	0.067
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	0.022
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	0.0475
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	0.0609
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	0.0248

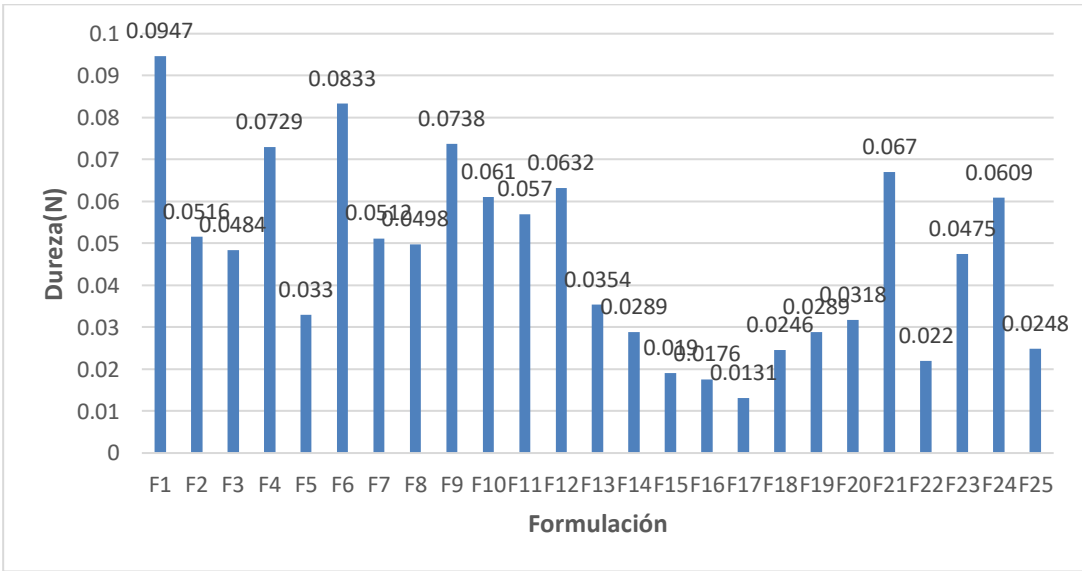
Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS.

Los resultados de dureza de las formulaciones de galletas muestran una amplia variabilidad en la textura, con valores que oscilan entre 0.0947 N (F1) y

0.0131 N (F17), lo que indica diferencias significativas en la firmeza de las muestras. Formulaciones como F1 (0.0947 N), F6 (0.0833 N) y F9 (0.0738 N) presentan mayor dureza, posiblemente debido a una mayor proporción de Hsp y Hk, componentes que pueden contribuir a una estructura más rígida. En contraste, formulaciones como F15 (0.019 N), F16 (0.0176 N) y F17 (0.0131 N) tienen valores de dureza considerablemente menores, lo que sugiere una composición con mayor contenido de Hq o una interacción diferente entre los ingredientes que favorece una textura más suave y frágil. La variabilidad observada resalta la importancia de la formulación en la textura final de las galletas, permitiendo ajustes en los ingredientes para optimizar la dureza según las preferencias del consumidor.

Figura 8.

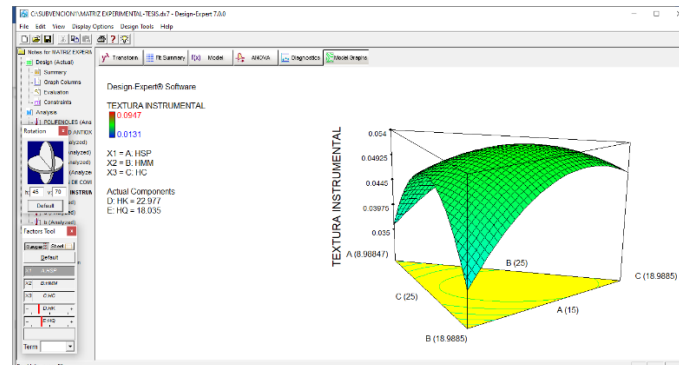
Dureza de las formulaciones de las galletas.



El gráfico muestra la dureza (N) de 25 formulaciones de galletas, evidenciando una variabilidad significativa en su textura. La formulación más dura es F1 (0.0947 N), mientras que la más blanda es F17 (0.0131 N), lo que sugiere diferencias en la composición y proceso de horneado. Formulaciones como F6 (0.0833 N), F9 (0.0738 N) y F21 (0.067 N) presentan alta dureza, posiblemente debido a un mayor contenido de harina con gluten o menor cantidad de grasa, favoreciendo una textura más crujiente. En contraste, F15 (0.019 N) y F16 (0.0176 N) podrían contener más grasa o agentes leudantes, resultando en galletas más frágiles y quebradizas. Se observa un grupo intermedio con durezas equilibradas, como F3 (0.0484 N) y F7 (0.0512 N), que podrían ofrecer un balance entre crocancia y suavidad. Estos resultados resaltan la influencia de la formulación en la textura del producto final, permitiendo ajustar las recetas según las preferencias del consumidor.

Figura 9.

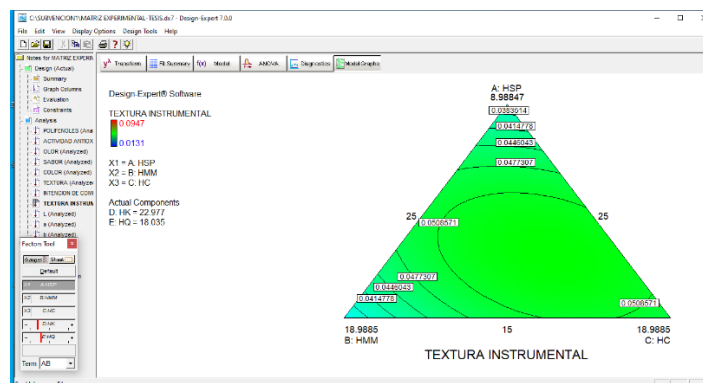
Grafica de superficie de respuesta de Dureza de las formulaciones de las galletas.



La gráfica de superficie de respuesta muestra la influencia de los componentes X1 (HSP), X2 (HMM) y X3 (HC) en la dureza instrumental de las formulaciones de galletas. Se observa una variación en la textura, con valores que oscilan entre 0.0947 N (zona en verde) y 0.0131 N (zona en amarillo), indicando que ciertas combinaciones de ingredientes generan galletas más firmes, mientras que otras producen una textura más suave. La superficie curva sugiere una interacción no lineal entre los factores, donde la dureza aumenta o disminuye dependiendo de la proporción de cada componente. Estos resultados permiten optimizar la formulación para obtener la textura deseada, ajustando las cantidades de los ingredientes clave.

Figura 10.

Grafica de contornos de Dureza de las formulaciones de las galletas.



La gráfica de contornos muestra la variación de la dureza instrumental en función de las proporciones de los componentes X1 (HSP), X2 (HMM) y X3 (HC) en las formulaciones de galletas. Los valores de dureza oscilan entre 0.0947 N (zonas más oscuras) y 0.0131 N (zonas más claras), indicando regiones con mayor o menor firmeza. Se observa que ciertas combinaciones de ingredientes generan una dureza más alta, mientras que otras resultan en una textura más suave. La distribución de los contornos sugiere interacciones significativas entre los factores,

permitiendo identificar las proporciones óptimas para lograr la textura deseada en las galletas.

- **Análisis de varianza de la Dureza de las galletas**

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 23, con el objetivo de valorar la relevancia de la dureza como variable de respuesta en relación con las variables independientes

Tabla 23.

Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de dureza de las formulaciones de las galletas.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Media de cuadrados	Valor F	p-valor (Prob > F)	Significancia
Modelo	4.92E-03	14	3.51E-04	0.51	0.8793	No significativo
Mezcla lineal	1.86E-03	4	4.64E-04	0.67	0.6256	No significativo
AB	5.71E-04	1	5.71E-04	0.83	0.3841	No significativo
AC	1.16E-04	1	1.16E-04	0.17	0.6902	No significativo
AD	1.13E-04	1	1.13E-04	0.16	0.6938	No significativo
AE	8.27E-05	1	8.27E-05	0.12	0.7362	No significativo
BC	7.23E-05	1	7.23E-05	0.1	0.7527	No significativo
BD	1.71E-04	1	1.71E-04	0.25	0.6292	No significativo
BE	2.67E-04	1	2.67E-04	0.39	0.5479	No significativo
CD	3.82E-05	1	3.82E-05	0.055	0.8187	No significativo
CE	1.02E-04	1	1.02E-04	0.15	0.7081	No significativo
DE	5.75E-06	1	5.75E-06	8.34E-03	0.929	No significativo
Residual	6.89E-03	10	6.89E-04	-	-	-
Falta de ajuste	4.56E-03	5	9.13E-04	1.96	0.239	No significativo
Error puro	2.33E-03	5	4.66E-04	-	-	-
Total corregido	0.012	24	-	-	-	-

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor F del modelo de 0.51 indica que hay un 87.93% de probabilidad de que un valor tan alto ocurra debido al ruido, lo que sugiere que el modelo no es estadísticamente significativo en su conjunto.

Los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 indican que los términos del

modelo son significativos. En este caso, ningún término es significativo, ya que todos presentan valores superiores a este umbral. Esto implica que ninguno de los factores considerados tiene un impacto relevante en la variable de respuesta.

Por otro lado, los valores superiores a 0.1000 indican términos no significativos. La mayoría de los términos del modelo superan este umbral, lo que puede reducir su capacidad predictiva. La inclusión de demasiados términos irrelevantes puede afectar la precisión del modelo, por lo que una simplificación del mismo podría mejorar su desempeño y utilidad.

El valor F de Falta de Ajuste de 1.96 indica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro, con un 23.90% de probabilidad de que este valor ocurra debido al ruido. Esto es positivo, ya que sugiere que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos sin generar errores excesivos, aunque su capacidad explicativa sigue siendo baja.

Tabla 24.

Estadísticos del Modelo de dureza de las formulaciones de las galletas.

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	0.026
Media	0.046
C.V. %	56.52
PRESS	0.077
R ²	0.4163
R ² Ajustado	-0.4010
R ² Predicho	-5.5298
Precisión Adecuada	2.694

Un R² Predicho negativo (-5.5298) indica que la media general es un mejor predictor de la respuesta que el modelo actual, lo que refleja una capacidad predictiva extremadamente limitada y una falta de ajuste significativa para realizar estimaciones fuera del conjunto de datos analizado.

La Precisión Adecuada de 2.694 está por debajo del umbral mínimo de 4, lo que sugiere una relación señal-ruido desfavorable y pone en duda la confiabilidad del modelo para la exploración del espacio de diseño. Esto indica que el modelo podría no ser lo suficientemente robusto para proporcionar predicciones útiles.

Por otro lado, el R² Ajustado de -0.4010 es negativo, lo que significa que el modelo no solo explica una parte mínima de la variabilidad en los datos, sino que incluso podría estar introduciendo más ruido que información relevante. Esto sugiere que el modelo requiere ajustes sustanciales o simplificaciones para mejorar su precisión y capacidad explicativa.

Tabla 25.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de dureza de las formulaciones de las galletas.

Componente	Estimación	df	Error	IC 95% Bajo	IC 95% Alto	VIF
A-HSP	-0.0033	1	0.059	-0.14	0.13	11.83
B-HMM	0.021	1	0.028	-0.042	0.083	3.71
C-HC	0.034	1	0.11	-0.21	0.28	37.07
D-HK	0.073	1	0.018	0.032	0.11	1.58
E-HQ	0.031	1	0.11	-0.21	0.27	34.49
AB	0.16	1	0.17	-0.23	0.54	4.06
AC	0.097	1	0.24	-0.43	0.62	10.64
AD	0.075	1	0.18	-0.34	0.48	3.29
AE	0.077	1	0.22	-0.42	0.58	6.2
BC	0.086	1	0.26	-0.5	0.67	15.03
BD	-0.088	1	0.18	-0.48	0.31	2.6
BE	0.12	1	0.19	-0.3	0.54	4.38
CD	-0.05	1	0.21	-0.53	0.43	2.88
CE	0.12	1	0.32	-0.59	0.84	12.33
DE	-0.03	1	0.32	-0.75	0.69	17.62

En el análisis de regresión múltiple, se evaluaron distintos componentes en función de su estimación, error estándar, intervalo de confianza al 95% (IC 95%) y el factor de inflación de la varianza (VIF).

El componente con la mayor estimación fue AB (0.16), con un IC 95% entre -0.23 y 0.54, lo que indica un efecto potencialmente relevante en la respuesta, aunque su intervalo de confianza sugiere incertidumbre en la dirección del efecto. Por otro lado, la estimación más baja correspondió a BD (-0.088), con un IC 95% entre -0.48 y 0.31, lo que sugiere que su influencia es limitada y no claramente definida.

Los errores estándar varían entre 0.018 (D-HK) y 0.32 (CE y DE), lo que implica diferencias en la precisión de las estimaciones. Valores más bajos de error, como en el caso de D-HK, sugieren estimaciones más confiables, mientras que valores más altos, como en CE y DE, indican mayor variabilidad e incertidumbre en los datos.

El análisis de VIF revela posibles problemas de colinealidad en algunos términos. Componentes como C-HC (37.07) y E-HQ (34.49) presentan valores elevados, lo que sugiere una fuerte relación con otros predictores y posibles redundancias en el modelo. En contraste, términos como D-HK (1.58) y BD (2.60) tienen valores bajos, lo que indica un menor riesgo de multicolinealidad y una mejor independencia entre las variables.

4.3.1. Colorimetría

Se llevó a cabo la medición de la colorimetría para cada una de las formulaciones de las galletas dulces a base de sangrecita, harina de maíz morado y cereales andinos.

Tabla 26.

Resultado del color instrumental de las formulaciones de galleta.

Formulación	Luminosidad L*	a*	b*	Color referencial
F1	28.05 ± 1.08	3.04 ± 0.03	7.85 ± 0.21	
F2	26.45 ± 0.30	2.41 ± 0.13	7.02 ± 0.32	
F3	28.47 ± 2.35	2.45 ± 0.17	7.47 ± 0.42	
F4	30.27 ± 1.94	1.83 ± 0.03	6.66 ± 0.17	
F5	32.32 ± 1.56	1.49 ± 0.22	6.08 ± 0.53	
F6	28.01 ± 0.38	2.90 ± 0.13	5.74 ± 0.24	
F7	31.53 ± 2.68	3.50 ± 0.31	5.92 ± 0.20	
F8	27,13 ± 0.40	3.31 ± 0.16	6.26 ± 0.23	
F9	26.71 ± 1.33	2.94 ± 0.05	5.45 ± 0.09	
F10	33.27 ± 3.18	2.94 ± 0.18	6.65 ± 0.11	
F11	26.99 ± 0.65	3.71 ± 0.14	6.20 ± 0.21	
F12	27.70 ± 2.41	3.60 ± 0.23	6.16 ± 0.38	
F13	24.01 ± 1.36	3.44 ± 0.21	5.59 ± 0.33	
F14	29.40 ± 0.94	4.23 ± 0.10	6.69 ± 0.39	

F15	28.53 ± 1.01	3.47 ± 0.18	6.11 ± 0.31	
F16	27.37 ± 0.55	4.38 ± 0.06	8.05 ± 0.26	
F17	32.40 ± 0.69	4.76 ± 0.16	8.65 ± 0.20	
F18	25.96 ± 2.61	3.90 ± 0.39	6.88 ± 0.07	
F19	28.61 ± 2.67	3.96 ± 0.42	7.58 ± 0.40	
F20	25.77 ± 0.11	3.84 ± 0.26	6.50 ± 0.24	
F21	26.91 ± 0.93	3.70 ± 0.12	6.54 ± 0.10	
F22	28.90 ± 2.60	3.85 ± 0.46	7.58 ± 0.48	
F23	25.64 ± 1.43	3.94 ± 0.07	6.57 ± 0.18	
F24	25.01 ± 0.46	3.49 ± 0.20	6.33 ± 0.09	
F25	27.59 ± 2.47	3.30 ± 0.19	5.81 ± 0.40	

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

Los resultados del color instrumental de las formulaciones de galletas muestran variaciones en los parámetros de luminosidad (L*), tonalidad roja-verde (a*) y tonalidad amarilla-azul (b*), indicando diferencias en la apariencia de las muestras. La luminosidad L* oscila entre 24.01 (F13) y 33.27 (F10), lo que sugiere que algunas formulaciones presentan un color más oscuro, posiblemente debido a reacciones de Maillard o caramelización. Los valores de a* varían entre 1.49 (F5) y 4.76 (F17), mostrando que ciertas formulaciones tienden a tonos más rojizos, mientras que otras son más neutras. En cuanto a b*, los valores fluctúan entre 5.45 (F9) y 8.65 (F17), indicando que algunas muestras tienen una tonalidad más amarilla que otras. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la composición de ingredientes, el tiempo y temperatura de horneado, así como la presencia de azúcares y proteínas que afectan la coloración final del producto.

4.3.1.1. Luminosidad

Tabla 27.

Resultados de Luminosidad L de las formulaciones de las galletas.*

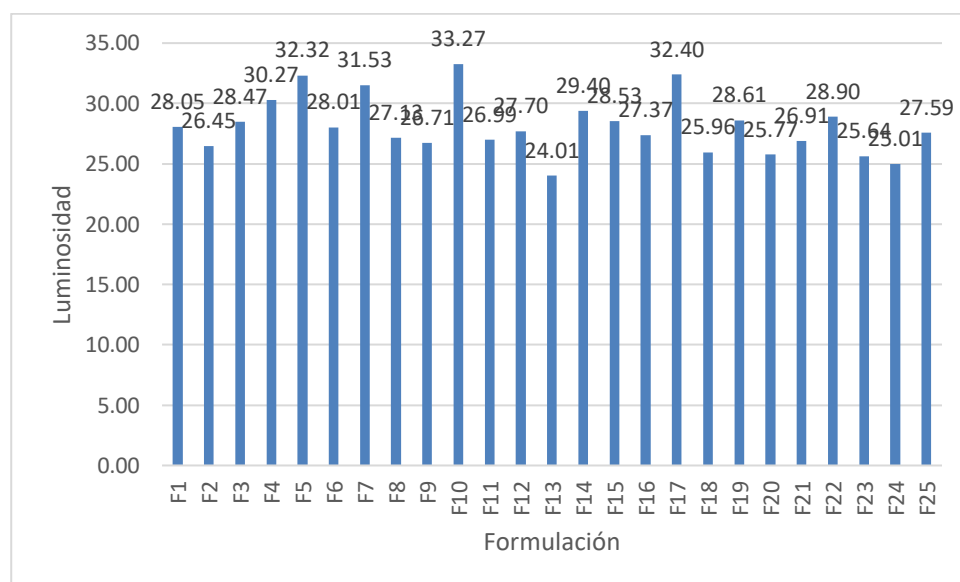
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Luminosidad (L*)
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	28.05± 1.08
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	26.45± 0.30
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	28.47± 2.35
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	30.27± 1.94
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	32.32± 1.56
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	28.01± 0.38
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	31.53± 2.68
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	27.13± 0.40
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	26.71± 1.33
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	33.27± 3.18
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	26.99± 0.65
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	27.70± 2.41
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	24.01± 1.36
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	29.40± 0.94
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	28.53± 1.01
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	27.37± 0.55
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	32.40± 0.69
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	25.96± 2.61
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	28.61± 2.67
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	25.77± 0.11
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	26.91± 0.93
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	28.40± 2.60
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	25.64± 1.43
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	25.01± 0.46
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	27.59± 2.47

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

Los resultados de la luminosidad (L^*) de las formulaciones de galletas muestran variaciones entre 24.01 (F13) y 33.27 (F10), lo que indica diferencias en el color de las muestras, con algunas más oscuras y otras más claras. Las formulaciones F5 (32.32), F7 (31.53) y F17 (32.40) presentan los valores más altos de L^* , sugiriendo una mayor claridad, mientras que F13 (24.01) y F24 (25.01) tienen los valores más bajos, lo que indica una tonalidad más oscura. Estas diferencias pueden estar influenciadas por la composición de ingredientes, los niveles de hidrólisis de almidones y proteínas, así como el proceso de horneado, que puede afectar el desarrollo del color a través de reacciones químicas como la caramelización y la reacción de Maillard.

Figura 11.

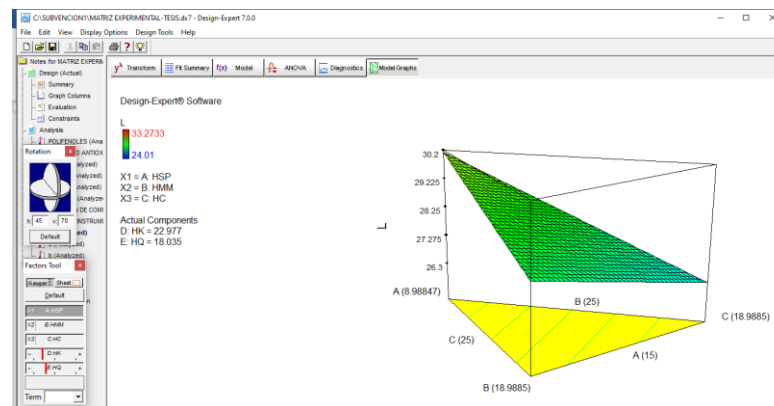
Luminosidad L^ de las formulaciones de las galletas.*



La luminosidad L^* de las formulaciones de las galletas indica variaciones en el color, donde valores más altos representan tonalidades más claras y valores más bajos corresponden a tonalidades más oscuras. Estas diferencias pueden estar influenciadas por la composición de los ingredientes, el tiempo y la temperatura de horneado, así como reacciones químicas como la caramelización y la reacción de Maillard. Una mayor luminosidad sugiere una menor intensidad en el dorado, mientras que una menor luminosidad indica una mayor coloración, lo que puede afectar la percepción visual y la aceptación del producto por parte del consumidor.

Figura 12.

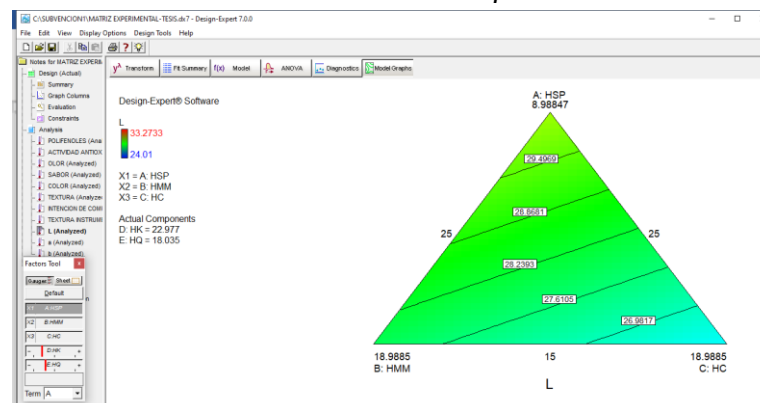
Grafica de superficie de respuesta de Luminosidad L^ de las formulaciones de las galletas.*



La gráfica de superficie de respuesta de la luminosidad L^* de las formulaciones de galletas muestra cómo las proporciones de los ingredientes influyen en el brillo o tonalidad del producto final. Se observa una variación en la luminosidad, donde valores más altos indican galletas más claras y valores más bajos reflejan tonalidades más oscuras, posiblemente debido a reacciones como la caramelización y la reacción de Maillard durante el horneado. La curvatura de la superficie sugiere interacciones no lineales entre los factores, lo que indica que ciertos ingredientes o combinaciones específicas tienen un mayor impacto en el color final. Estos resultados permiten ajustar la formulación para obtener la apariencia deseada en las galletas.

Figura 13.

Grafica de contornos de Luminosidad L^ de las formulaciones de las galletas.*



La imagen muestra una interfaz de software de diseño experimental, específicamente un diagrama ternario generado en Design Expert 13.0, utilizado para la optimización de mezclas. En el gráfico triangular se observan tres componentes principales: A (HSP), B (HMM), y C (HC), con proporciones variando en el espacio de diseño, y una variable de respuesta representada por la

coloración en degradado de verde a azul. Se presentan valores específicos en distintas regiones del diagrama, lo que sugiere una respuesta modelada en función de la composición de la mezcla.

La información a la izquierda indica que los factores investigados son X1 y X2, y se muestra un resultado numérico destacado en rojo (33.2733), que podría representar un valor óptimo o una predicción clave en el análisis. Además, las líneas de contorno sugieren cómo la respuesta varía dentro del diseño experimental, facilitando la identificación de combinaciones óptimas de componentes para maximizar o minimizar la variable de interés.

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

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 28, con el objetivo de valorar la relevancia de la luminosidad como variable de respuesta en relación con las variables independientes

Tabla 28.

Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA) y Regresión de Luminosidad L de las formulaciones de las galletas.*

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Cuadrado Medio	Valor F	p-valor	
Mezcla	37.51	4	9.38	1.95	0.1422	No significativa
Lineal Mezcla	37.51	4	9.38	1.95	0.1422	
Residual	96.41	20	4.82			
Falta de Ajuste	78.11	15	5.21	1.42	0.3702	No significativa
Error Puro	18.31	5	3.66			
Total						
Corregido	133.92	24				

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS.

El valor F del modelo de 1.95 indica que hay un 14.22% de probabilidad de que un "Valor F del Modelo" de esta magnitud ocurra debido al ruido, lo que sugiere que el modelo en su conjunto no es estadísticamente significativo.

Los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 indicarían que algunos términos del modelo son significativos, pero en este caso, ninguno de los términos evaluados resulta significativo, lo que sugiere que el modelo podría no estar explicando adecuadamente la variabilidad en los datos.

Los valores de "Prob > F" mayores a 0.1000 indican que los términos no son significativos. En situaciones donde hay muchos términos insignificantes en el

modelo (exceptuando aquellos requeridos por jerarquía), reducir la complejidad del modelo podría mejorar su ajuste y precisión.

El "Valor F de Falta de Ajuste" de 1.42 implica que la falta de ajuste no es significativa en comparación con el error puro, con un p-valor de 0.3702 (37.02%). Esto significa que hay una alta probabilidad de que la falta de ajuste observada sea atribuible al ruido, lo que es positivo, ya que indica que el modelo no presenta problemas graves de ajuste a los datos.

En general, aunque el modelo no muestra problemas de falta de ajuste, su capacidad predictiva es limitada, ya que no se han identificado términos significativos. Por lo tanto, sería recomendable revisar su estructura o considerar otras variables que puedan mejorar su capacidad explicativa.

Tabla 29.

Resumen del Modelo de Regresión de Luminosidad L^ de las formulaciones de las galletas.*

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	2.20
Media	28.12
C.V. %	7.81
PRESS	143.06
R^2	0.2801
R^2 Ajustado	0.1361
R^2 Predicho	-0.0683
Precisión Adecuada	4.463

Un " R^2 Predicho" negativo (-0.0683) indica que la media general de los datos es un mejor predictor de la respuesta que el modelo actual, lo que sugiere que el modelo tiene una capacidad de predicción limitada y podría no ser confiable para estimaciones fuera de los datos analizados.

La "Precisión Adecuada" de 4.463 supera el umbral mínimo recomendado de 4, lo que indica una relación señal-ruido aceptable. Esto sugiere que el modelo puede ser útil para explorar el espacio de diseño, aunque su capacidad predictiva sea limitada.

El " R^2 Ajustado" de 0.1361 indica que el modelo solo explica una pequeña parte de la variabilidad en los datos, lo que sugiere que aún podría optimizarse para mejorar su ajuste y capacidad explicativa. En conjunto, estos resultados sugieren que, aunque el modelo presenta una precisión adecuada, su capacidad predictiva es baja y podría beneficiarse de ajustes o simplificaciones para mejorar su desempeño.

Tabla 30.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de Regresión de Luminosidad L^ de las formulaciones de las galletas.*

Componente	Estimación	df	Error estándar	IC 95% Bajo	IC 95% Alto	VIF
A-HSP	32.01	1	1.57	28.73	35.29	1.19
B-HMM	28.33	1	1.32	25.58	31.07	1.16
C-HC	25.73	1	1.66	22.26	29.2	1.23
D-HK	26.71	1	1.29	24.02	29.41	1.11
E-HQ	27.87	1	1.69	24.35	31.4	1.19

En el análisis de los componentes, se observa que A-HSP presenta la estimación más alta (32.01), con un intervalo de confianza al 95% (IC 95%) entre 28.73 y 35.29, lo que indica una variabilidad relativamente baja en la predicción de este componente.

Por otro lado, C-HC tiene la estimación más baja (25.73), con un IC 95% de 22.26 a 29.2, lo que sugiere una mayor incertidumbre en comparación con otros componentes.

El componente B-HMM muestra una estimación de 28.33 con un IC 95% entre 25.58 y 31.07, mientras que D-HK y E-HQ presentan valores de 26.71 y 27.87, respectivamente, con intervalos de confianza relativamente similares.

En cuanto a los factores de inflación de la varianza (VIF), todos los valores se encuentran por debajo de 1.25, lo que indica un bajo nivel de multicolinealidad entre los componentes y sugiere que las estimaciones son estables y no están afectadas por redundancias significativas en los datos.

4.3.1.2. Cromaticidad

Tabla 31.

Resultados de Cromaticidad C de las formulaciones de las galletas.*

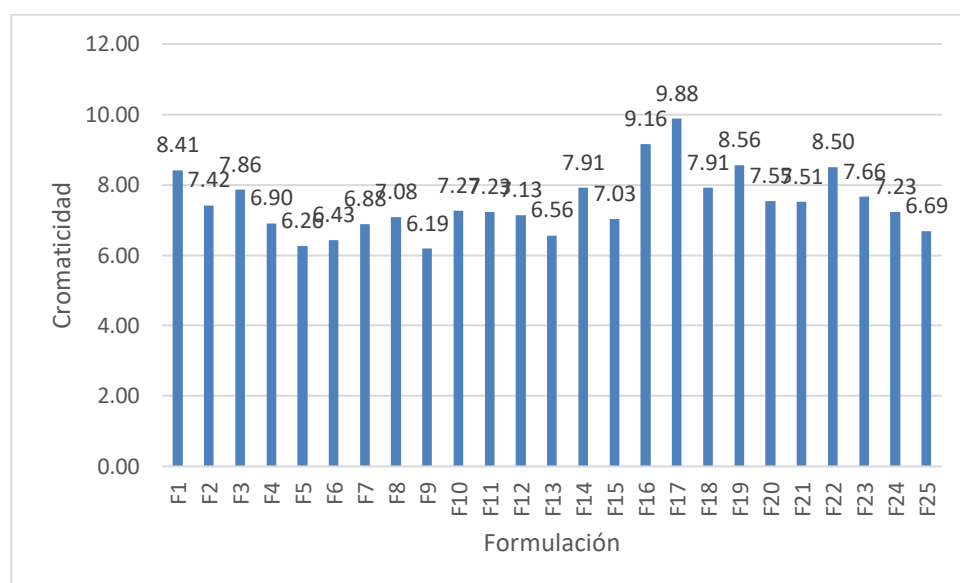
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Cromaticidad C*
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	8.41 ± 0.20
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	7.42 ± 0.34
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	7.86 ± 0.45
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	6.90 ± 0.16
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	6.26 ± 0.56
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	6.43 ± 0.26
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	6.88 ± 0.33
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	7.08 ± 0.28
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	6.19 ± 0.10
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	7.27 ± 0.16
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	7.23 ± 0.25
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	7.13 ± 0.44
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	6.56 ± 0.38
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	7.91 ± 0.37
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	7.03 ± 0.35
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	9.16 ± 0.25
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	9.88 ± 0.25
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	7.91 ± 0.25
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	8.56 ± 0.54
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	7.55 ± 0.33
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	7.51 ± 0.07
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	8.50 ± 0.62
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	7.66 ± 0.19
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	7.23 ± 0.17
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	6.69 ± 0.37

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

La tabla muestra los valores de cromaticidad C^* en diferentes formulaciones de galletas con variaciones en los porcentajes de los ingredientes HSP, HMM, HC, HK y HQ. Se observa que la cromaticidad varía entre 6.19 y 9.88, con las formulaciones F17 y F16 presentando los valores más altos, lo que indica mayor intensidad de color. Por otro lado, F9 y F5 muestran los valores más bajos, sugiriendo menor saturación del color. Esto sugiere que la combinación específica de ingredientes influye significativamente en la percepción visual del producto.

Figura 14.

Cromaticidad C^ de las formulaciones de las galletas.*



El gráfico de barras titulado "Cromaticidad C^* de las formulaciones de las galletas" muestra la variación de cromaticidad entre diferentes formulaciones (F1 a F25). La cromaticidad indica la intensidad del color, con valores más altos representando colores más saturados y vibrantes. Se observa que las formulaciones presentan una variabilidad significativa en sus valores de cromaticidad, oscilando entre aproximadamente 6.19 y 9.88. La formulación F17 exhibe el valor más alto (9.88), indicando la mayor saturación de color, mientras que F9 presenta el menor valor (6.19), reflejando una tonalidad menos intensa. Estas diferencias pueden estar relacionadas con variaciones en los ingredientes, procesos de horneado o aditivos utilizados en cada formulación.

4.3.1.3. Ángulo de tonalidad

Tabla 32.

Resultados de Ángulo de tonalidad h de las formulaciones de las galletas.*

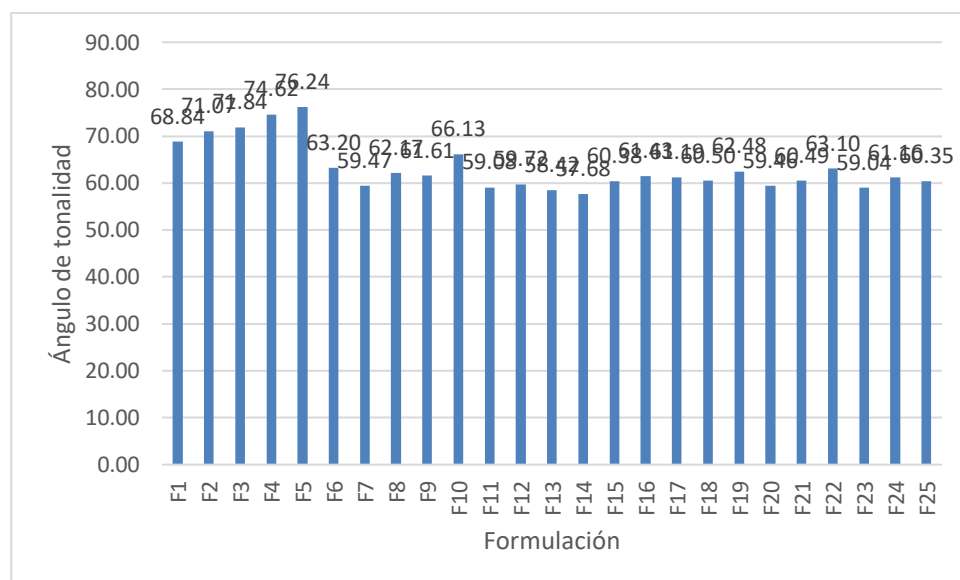
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Ángulo de tonalidad h*
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	68.84 ± 0.50
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	71.07 ± 0.14
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	71.84 ± 0.55
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	74.62 ± 0.54
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	76.24 ± 0.89
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	63.20 ± 0.45
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	59.47 ± 1.39
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	62.17 ± 0.24
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	61.61 ± 0.07
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	66.13 ± 1.00
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	59.08 ± 0.59
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	59.72 ± 0.36
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	58.42 ± 0.08
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	57.68 ± 1.17
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	60.38 ± 0.63
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	61.43 ± 0.51
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	61.19 ± 0.33
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	60.50 ± 2.26
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	62.48 ± 1.42
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	59.46 ± 0.94
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	60.49 ± 1.05
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	63.10 ± 1.47
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	59.04 ± 0.29
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	61.16 ± 1.09
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	60.35 ± 2.10

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

La tabla presenta los valores del ángulo de tonalidad h^* en distintas formulaciones de galletas, con variaciones en los porcentajes de HSP, HMM, HC, HK y HQ. Los valores de h^* oscilan entre 57.68 y 76.24, indicando diferencias en la percepción del color. La formulación F5 muestra el mayor ángulo (76.24), lo que sugiere una tonalidad más cercana al amarillo, mientras que la F14 tiene el valor más bajo (57.68), indicando una tonalidad más rojiza. En general, las diferencias en los ingredientes impactan significativamente en la coloración de las galletas, mostrando una tendencia a tonos más cálidos en ciertas formulaciones.

Figura 15.

Ángulo de tonalidad h^ de las formulaciones de las galletas.*



El gráfico muestra la variación del ángulo de tonalidad en diferentes formulaciones (F1 a F25), con valores que oscilan entre aproximadamente 58° y 76°. Las formulaciones F6 (76.24°) y F5 (74.26°) presentan los ángulos más altos, lo que sugiere tonalidades más amarillentas o verdosas, mientras que F9 (59.47°) y F14 (57.68°) registran los valores más bajos, indicando una tendencia hacia tonalidades más rojizas o azuladas. La mayoría de las formulaciones se encuentran en un rango cercano a 60°-63°, evidenciando cierta uniformidad en la tonalidad. Estas diferencias sugieren que la composición de las formulaciones influye en la percepción del color, aspecto relevante en la aceptación sensorial del producto final.

4.3.2. Polifenoles totales

Tabla 33.

Resultados de polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.

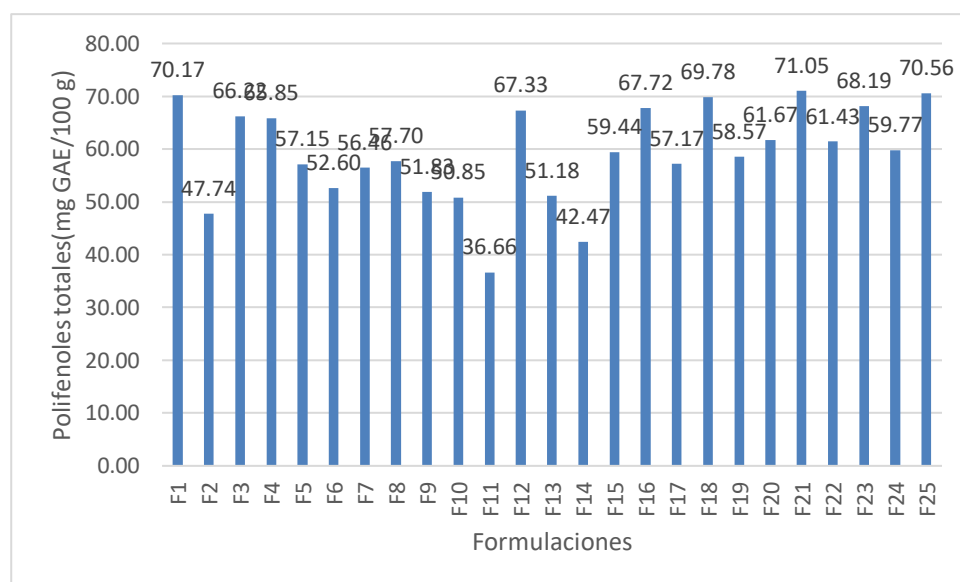
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Polifenoles totales (mg GAE/100g)
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	70.17 ± 0.87
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	47.74 ± 0.20
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	66.22 ± 0.14
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	65.85 ± 0.27
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	57.15 ± 0.78
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	52.60 ± 0.90
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	56.46 ± 0.98
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	57.70 ± 0.01
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	51.83 ± 0.02
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	50.85 ± 0.56
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	36.66 ± 0.32
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	67.33 ± 0.12
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	51.18 ± 0.19
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	42.47 ± 0.47
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	59.44 ± 0.18
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	67.72 ± 0.32
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	57.17 ± 0.96
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	69.78 ± 0.28
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	58.57 ± 0.29
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	61.67 ± 0.01
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	71.05 ± 0.36
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	61.43 ± 0.55
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	68.19 ± 0.44
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	59.77 ± 0.23
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	70.56 ± 0.14

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

La tabla muestra los niveles de polifenoles totales en diferentes formulaciones de galletas, expresados en mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por cada 100 g de muestra. Los valores varían entre 36.66 mg GAE/100 g (F11) y 71.05 mg GAE/100 g (F21), indicando que la composición de ingredientes influye significativamente en el contenido de compuestos fenólicos. Las formulaciones con mayores niveles de polifenoles podrían ofrecer mayores beneficios antioxidantes, mientras que aquellas con valores más bajos presentan menor capacidad antioxidante. Se observa una tendencia en la cual la combinación y proporción de harinas impacta en la cantidad de polifenoles presentes en las galletas.

Figura 16.

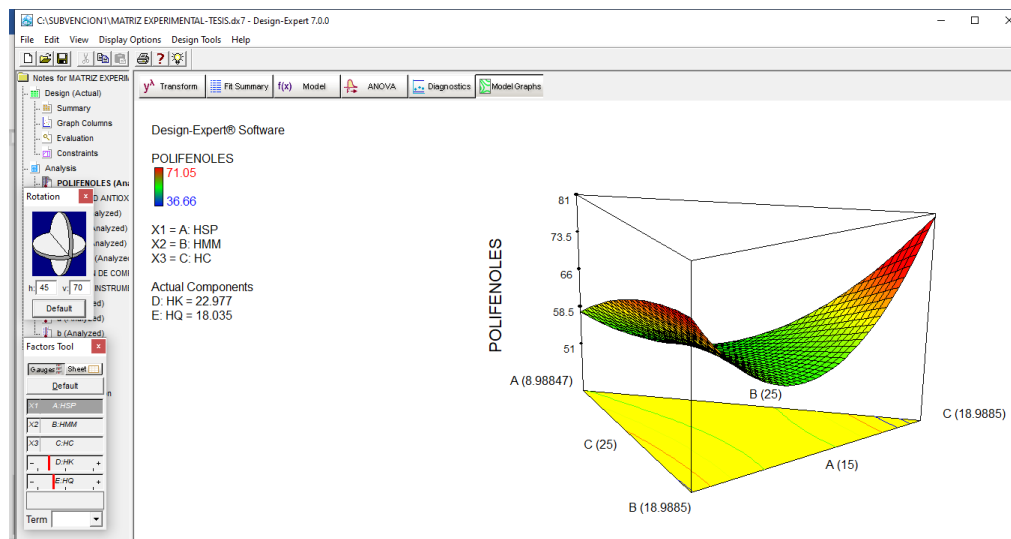
Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.



El gráfico muestra el contenido de polifenoles totales (mg GAE/100 g) en distintas formulaciones (F1 a F25), con valores que varían entre aproximadamente 36.66 y 71.05. Las formulaciones F19 (71.05), F1 (70.17) y F25 (70.56) presentan los valores más altos, lo que indica una mayor presencia de compuestos con potencial antioxidante. En contraste, la formulación F11 (36.66) registra el valor más bajo, lo que sugiere una menor concentración de estos compuestos. La mayoría de las formulaciones presentan valores cercanos a 50-60 mg GAE/100 g, reflejando una distribución relativamente homogénea con algunas variaciones significativas. Estos resultados evidencian diferencias en la composición fenólica entre las formulaciones, lo que podría influir en sus propiedades antioxidantes y beneficios para la salud.

Figura 17.

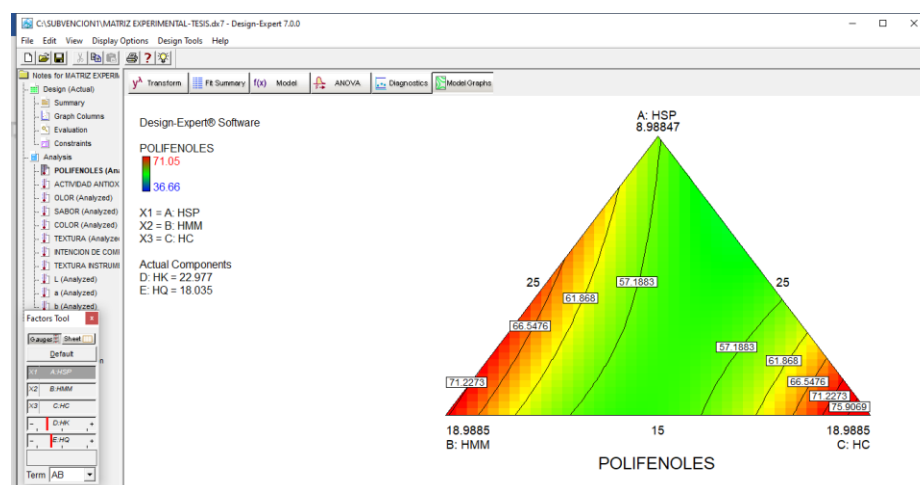
Grafica de superficie de respuesta de Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.



La imagen muestra una representación tridimensional de la respuesta de polifenoles en función de tres componentes: HSP (A), HMM (B) y HC (C), generada mediante el software Design Expert 7.0. La superficie de respuesta ilustra cómo varía la concentración de polifenoles en diferentes combinaciones de estos factores. Se observa una distribución no lineal, con una zona de máxima concentración en un extremo del gráfico, mientras que en otras áreas la respuesta es significativamente menor. La escala de colores (de amarillo a rojo) indica el aumento en la concentración de polifenoles, sugiriendo que ciertas combinaciones específicas de los ingredientes favorecen una mayor presencia de estos compuestos bioactivos, lo que podría tener implicaciones en la funcionalidad y calidad del producto final.

Figura 18.

Grafica de contornos de Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.



La imagen muestra un diagrama ternario generado con el software Design Expert 7.0, representando la concentración de polifenoles en función de tres componentes: HSP (A), HMM (B) y HC (C). Los valores de polifenoles varían a lo largo del gráfico, con una distribución de colores desde el verde (valores bajos) hasta el rojo (valores altos), lo que indica que ciertas combinaciones específicas de los ingredientes favorecen una mayor concentración de polifenoles.

Se observa que los valores más altos de polifenoles se encuentran en las regiones donde la proporción de HSP es mayor, lo que sugiere que este componente podría tener un efecto significativo en el contenido de polifenoles en la formulación. Este análisis permite identificar formulaciones óptimas para maximizar la presencia de estos compuestos bioactivos.

- **Análisis de varianza de Polifenoles totales de las galletas**

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 34, con el objetivo de valorar la relevancia de la cromaticidad como variable de respuesta en relación con las variables independientes.

Tabla 34.

Tabla de ANOVA para Modelos Cuadráticos de Mezcla de los Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Media Cuadrática	Valor F	P-valor	Significancia
Modelo	1575.11	14	112.51	2.67	0.0616	No significativa
Mezcla Lineal	563.93	4	140.98	3.35	0.055	
AB	22.13	1	22.13	0.53	0.4849	
AC	309.64	1	309.64	7.36	0.0218	
AD	59.84	1	59.84	1.42	0.2606	
AE	0.51	1	0.51	0.012	0.9143	
BC	518.88	1	518.88	12.33	0.0056	
BD	22.3	1	22.3	0.53	0.4833	
BE	91.96	1	91.96	2.19	0.1701	
CD	32.55	1	32.55	0.77	0.3997	
CE	283.83	1	283.83	5.68	0.0385	
DE	5.48	1	5.48	0.13	0.7257	
Residual	420.77	10	42.08			
Falta de Ajuste	196.97	5	39.39	0.88	0.554	No significativa
Error Puro	223.8	5	44.76			
Total Corregido	1995.88	24				

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor F del modelo de 2.67 implica que hay un 6.16% de probabilidad de que un "Valor F del Modelo" tan grande ocurra debido al ruido. Los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, AC, BC y CE son términos significativos del modelo.

Los valores mayores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos. Si hay muchos términos insignificantes en el modelo (sin contar aquellos necesarios para mantener la jerarquía), reducir el modelo podría mejorarlo.

El "Valor F de Falta de Ajuste" de 0.88 implica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Hay un 55.40% de probabilidad de que un "Valor F de Falta de Ajuste" tan grande ocurra debido al ruido. Una falta de ajuste no significativa es positiva, ya que queremos que el modelo se ajuste adecuadamente.

Tabla 35.

Estadísticos del Modelo de los Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	6.49
Media	59.18
C.V. %	10.96
PRESS	3359.82
R ²	0.7892
R ² Ajustado	0.4940
R ² Predicho	-0.6834
Precisión Adecuada	5.749

Un "R cuadrado de predicción" negativo implica que la media general es un mejor predictor de la respuesta que el modelo actual.

La "Precisión adecuada" mide la relación señal-ruido. Un valor mayor a 4 es deseable. Su relación de 5.749 indica una señal adecuada. Este modelo puede usarse para explorar el espacio de diseño.

Tabla 36.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de los Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.

Componente	Estimación	df	Error estándar	IC 95% Bajo	IC 95% Alto	VIF
A-HSP	44.45	1	14.65	11.79	77.1	11.83
B-HMM	60.1	1	6.94	44.63	75.56	3.71
C-HC	141.29	1	27	81.12	201.45	37.07
D-HK	64.85	1	4.55	54.71	74.99	1.58
E-HQ	47.27	1	26.94	-12.75	107.29	34.49
AB	30.79	1	42.45	-63.8	125.37	4.06
AC	-157.86	1	58.19	-287.52	-28.2	10.64
AD	54.19	1	45.45	-47.06	155.45	3.29
AE	6.09	1	55.2	-116.91	129.09	6.2
BC	-229.08	1	65.23	-374.43	-83.73	15.03
BD	31.93	1	43.86	-65.8	129.65	2.6
BE	68.63	1	46.56	-34.91	172.58	4.38
CD	-46.44	1	52.8	-164.1	71.21	2.88
CE	-188.42	1	79.09	-364.64	-12.2	12.33
DE	28.96	1	80.26	-149.87	207.79	17.62

En el análisis de regresión múltiple, se evaluaron varios componentes y sus efectos en función de la estimación, error estándar, intervalos de confianza al 95% (IC 95%), y los valores de inflación de la varianza (VIF). Los resultados

muestran que el componente C-HC presentó el mayor valor estimado (141.29), con un IC 95% entre 81.12 y 201.45, mientras que la estimación más baja corresponde al componente AC (-157.86), con un IC 95% entre -287.52 y -28.2.

El componente E-HQ también muestra un rango amplio en su IC 95% (-12.75 a 107.29), mientras que el componente BC tiene un valor estimado negativo significativo (-229.08), lo que sugiere una relación inversa considerable con el resultado. Los VIFs varían, indicando diferentes niveles de multicolinealidad, con valores más bajos en los componentes D-HK y AB (1.58 y 4.06, respectivamente) y valores más altos en los componentes C-HC y CE (37.07 y 12.33, respectivamente). Estos resultados indican que algunos de los componentes tienen una mayor influencia que otros, y se deben considerar posibles problemas de multicolinealidad para mejorar la precisión de la estimación.

4.3.3. Actividad antioxidante

Tabla 37.

Resultados de actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.

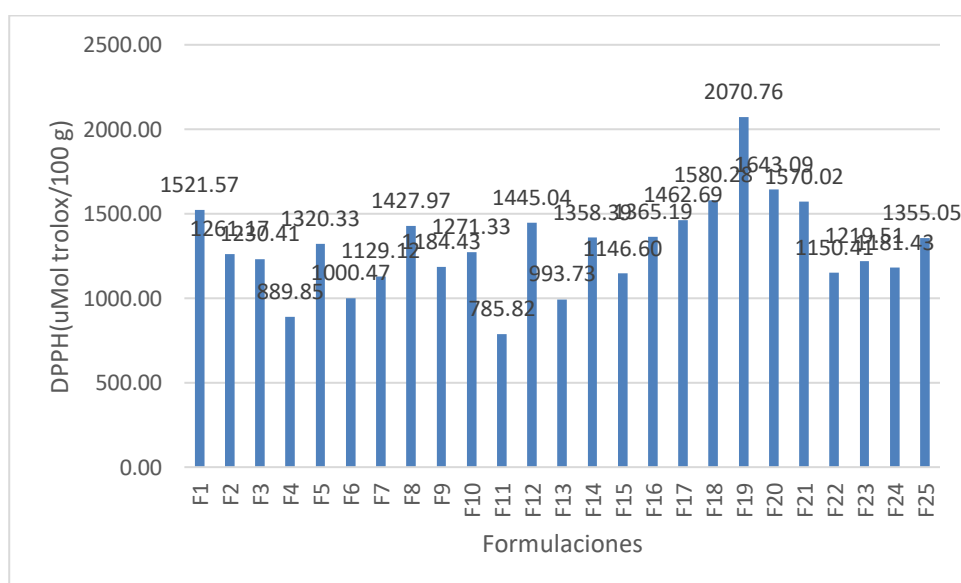
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	DPPH (uMol Trolox/100g)
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	1521.57 ± 54.01
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	1261.17 ± 9.82
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	1230.41 ± 14.74
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	889.85 ± 4.91
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	1320.33 ± 24.55
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	1000.47 ± 34.36
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	1129.12 ± 19.64
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	1427.97 ± 9.82
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	1184.43 ± 39.27
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	1271.33 ± 4.91
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	785.82 ± 63.86
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	1445.04 ± 73.64
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	993.73 ± 24.55
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	1358.39 ± 9.82
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	1146.60 ± 73.65
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	1365.19 ± 19.64
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	1462.69 ± 78.57
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	1580.28 ± 39.27
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	2070.76 ± 211.20
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	1643.09 ± 117.84
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	1570.02 ± 73.64
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	1150.41 ± 49.12
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	1219.51 ± 19.64
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	1181.43 ± 63.84
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	1355.05 ± 44.20

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS.

La actividad antioxidante de las formulaciones de galletas varía significativamente, con valores entre 785.82 $\mu\text{Mol Trolox}/100\text{g}$ (F11, el más bajo) y 2070.76 $\mu\text{Mol Trolox}/100\text{g}$ (F19, el más alto). En general, las formulaciones con mayor contenido de polifenoles, como F19, F18 y F20, presentan una mayor capacidad antioxidante, sugiriendo una correlación positiva entre estos compuestos y la actividad antioxidante. Algunas formulaciones con niveles intermedios de polifenoles también muestran buenos valores antioxidantes, lo que indica que otros compuestos pueden estar contribuyendo. Por otro lado, F11 y F4 registran los valores más bajos, lo que sugiere una menor presencia de compuestos antioxidantes. Destaca especialmente F19 con un valor muy superior al resto, lo que sugiere que su combinación de ingredientes optimiza la presencia de antioxidantes, siendo relevante para el desarrollo de productos con beneficios funcionales para la salud.

Figura 19.

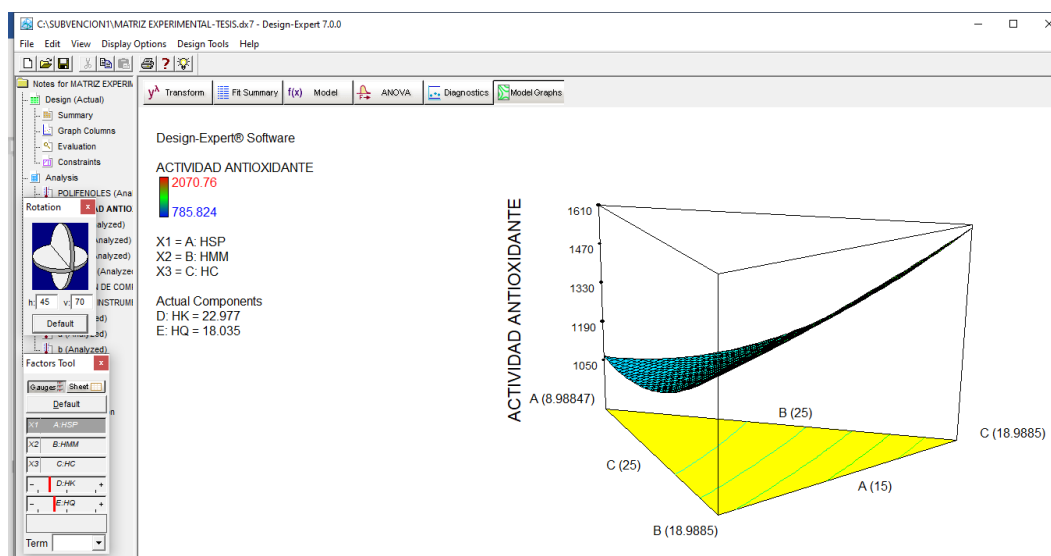
Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.



El gráfico muestra la capacidad antioxidante (DPPH en $\mu\text{Mol Trolox}/100\text{ g}$) de diferentes formulaciones, con valores que oscilan entre aproximadamente 785.82 y 2070.76. La formulación F19 presenta la mayor capacidad antioxidante (2070.76), seguida de F20 (1643.09) y F18 (1580.28), lo que indica un alto potencial para neutralizar radicales libres. En contraste, la formulación F11 (785.82) exhibe la menor actividad antioxidante. Se observa una variabilidad considerable entre las formulaciones, con la mayoría de los valores distribuidos en el rango de 1000 a 1500 $\mu\text{Mol Trolox}/100\text{ g}$. Estas diferencias podrían atribuirse a la composición y presencia de compuestos bioactivos en cada formulación, lo que sugiere su potencial uso en la industria alimentaria por sus beneficios para la salud.

Figura 20.

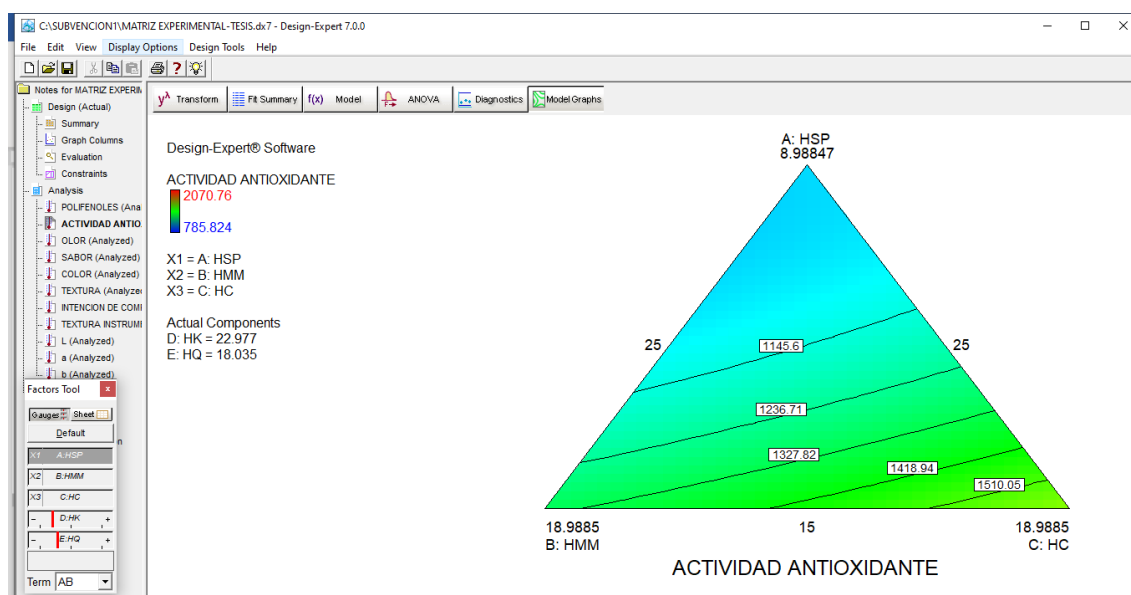
Grafica de superficie de respuesta de Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.



La imagen muestra un gráfico de superficie generado con Design-Expert Software, representando la actividad antioxidante en función de tres componentes: HSP (X1), HMM (X2) y HC (X3). Se observa que la actividad antioxidante varía dentro del rango de aproximadamente 785 a 2070, con una tendencia ascendente en ciertas combinaciones de los factores, lo que indica que la proporción de los ingredientes influye significativamente en la capacidad antioxidante. La superficie del gráfico sugiere una relación no lineal entre las variables, destacando la importancia de la formulación óptima para maximizar la actividad antioxidante.

Figura 21.

Grafica de contornos de Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.



La imagen muestra un gráfico de contorno generado con Design-Expert Software, representando la actividad antioxidante en función de tres componentes: HSP (X1), HMM (X2) y HC (X3). La actividad antioxidante varía en un rango de aproximadamente 785 a 2070, donde las regiones superiores del gráfico, cercanas a la mayor concentración de HSP, presentan los valores más altos de actividad antioxidante. La distribución de colores indica una variación progresiva en la respuesta, sugiriendo que el incremento en la proporción de HSP tiene un impacto positivo en la actividad antioxidante, mientras que HMM y HC también influyen, pero en menor medida.

- **Análisis de varianza de Actividad antioxidante de las galletas**

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 38, con el objetivo de valorar la relevancia de la cromaticidad como variable de respuesta en relación con las variables independientes

Tabla 38.

Tabla de ANOVA para Modelos Cuadráticos de Mezcla de la actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Media Cuadrática	Valor F	p-valor	Significancia
Modelo	1.079E+06	14	77083.28	1.2	0.3914	No significativa
Mezcla Lineal	2.66E+05	4	66373.26	1.04	0.4352	
AB	24769.42	1	24769.42	0.39	0.5479	
AC	33114.1	1	33114.10	0.52	0.4885	
AD	1.46E+05	1	1.457E+05	2.28	0.1623	
AE	1.288E+05	1	1.288E+05	2.01	0.1866	
BC	338	1	338.00	5.279E-03	0.9435	
BD	1.178E+05	1	1.178E+05	1.84	0.2049	
BE	1.065E+05	1	1.065E+05	1.66	0.2262	
CD	3.339E+05	1	3.339E+05	5.21	0.0455	
CE	99472.37	1	99472.37	1.55	0.241	
DE	1.183E+05	1	1.183E+05	1.85	0.2039	
Residual	6.403E+05	10	64028.97			
Falta de Ajuste	5.075E+05	5	1.015E+05	3.82	0.0837	No significativa
Error Puro	1.328E+05	5	26555.18			
Total Corregido	1.719E+06	24				

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor F del modelo de 1.2 implica que hay un 39.14% de probabilidad de que un "Valor F del Modelo" tan grande ocurra debido al ruido. Dado que el p-valor asociado al modelo es 0.3914, este es no significativo, lo que indica que los términos del modelo no tienen un efecto significativo en el resultado.

Entre los términos del modelo, solo CD es significativo, con un p-valor de 0.0455, indicando que tiene un impacto importante. Por otro lado, los términos AB, AC, AD, AE, BC, BD, BE, CE y DE tienen p-valores mayores a 0.1000, lo que sugiere que no son significativos y podrían eliminarse del modelo sin perder precisión.

El "Valor F de Falta de Ajuste" de 3.82, con un p-valor de 0.0837, implica que la falta de ajuste no es completamente significativa, ya que hay un 8.37% de probabilidad de que esta diferencia ocurra debido al ruido. Aunque la falta de ajuste no es completamente significativa, esto sugiere que el modelo no tiene un ajuste perfecto, pero aún puede ser razonablemente aceptado.

Tabla 39.

Estadísticos del Modelo de la actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	253.04
Media	1302.59
C.V. %	19.43
PRESS	8.480E+06
R ²	0.6276
R ² Ajustado	0.1063
R ² Predicho	-3.9317
Precisión Adecuada	4.274

Un "R² Predicho" negativo (-3.9317) indica que la media general es un mejor predictor de la respuesta que el modelo actual, lo que sugiere que el modelo tiene una baja capacidad de predicción y puede no ser confiable para hacer estimaciones fuera de los datos ajustados.

La "Precisión Adecuada" de 4.274 supera el umbral mínimo de 4, lo que sugiere una relación señal-ruido aceptable, aunque no óptima. Sin embargo, el bajo R² Ajustado (0.1063) indica que el modelo explica muy poca variabilidad en los datos, lo que sugiere que puede necesitar mejoras o simplificación para lograr un mejor ajuste.

Tabla 40.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de la actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.

Componente	Estimación	df	Error estándar	IC 95% Bajo	IC 95% Alto	VIF
A-HSP	1756.32	1	571.65	482.6	3030.03	11.83
B-HMM	1018.39	1	270.75	415.13	1621.66	3.71
C-HC	1311.58	1	1053.34	-1035.42	3658.58	37.07
D-HK	1372.01	1	177.55	976.39	1767.62	1.58
E-HQ	2984.9	1	1050.79	643.59	5326.21	34.49
AB	-1029.95	1	1655.94	-4719.61	2659.72	4.06
AC	-1632.45	1	2269.98	-6690.29	3425.39	10.64
AD	-2674.41	1	1772.77	-6624.39	1275.58	3.29
AE	-3053.76	1	2153.35	-7851.71	1744.2	6.2
BC	-184.89	1	2544.72	-5854.89	5485.11	15.03
BD	2320.29	1	1710.88	-1491.79	6132.37	2.6
BE	-2342.39	1	1816.29	-6389.34	1704.56	4.38
CD	4703.64	1	2059.78	114.17	9293.11	2.88
CE	-3845.36	1	3085.13	-10719.46	3028.75	12.33
DE	-4255.91	1	3130.83	-11231.84	2720.03	17.62

En este análisis de regresión múltiple, se examinaron diversos componentes considerando su estimación, error estándar, intervalos de confianza al 95% (IC 95%) y los valores de inflación de la varianza (VIF). Los hallazgos indican que el componente CD tiene la estimación positiva más alta (4703.64), con un IC 95% entre 114.17 y 9293.11, lo que sugiere un impacto significativo en la variable dependiente. En contraste, el componente DE presenta la estimación más baja (-4255.91), con un IC 95% que oscila entre -11231.84 y 2720.03, lo que podría reflejar una relación inversa considerable.

El componente E-HQ también muestra una estimación elevada (2984.9), con un IC 95% amplio (643.59 a 5326.21), lo que indica una variabilidad en su efecto. En términos de multicolinealidad, los valores de VIF varían ampliamente, siendo los más bajos los de D-HK y BD (1.58 y 2.6, respectivamente), mientras que los más elevados corresponden a C-HC (37.07) y DE (17.62), lo que sugiere la presencia de colinealidad en el modelo. Estos resultados indican que algunos componentes influyen más que otros en la variable de interés, pero también evidencian la necesidad de abordar la multicolinealidad para optimizar la precisión y estabilidad del modelo.

4.3.4. Análisis sensorial

Según García (2019), la evaluación sensorial implica caracterizar y analizar si un alimento es aceptado o rechazado por el catador o consumidor, basándose en las sensaciones experimentadas desde el momento en que lo observa hasta después de consumirlo. Además, contribuye a la evaluación de las características sensoriales de los productos alimenticios con el propósito de examinar su calidad y anticipar la aceptación por parte del consumidor (Valle & Mina, 2021)

Se realizó la evaluación sensorial de las 25 formulaciones de galletas . Esta evaluación contó con la participación de 30 panelistas, quienes evaluaron el olor, sabor, color y textura de cada una de las galletas. Se empleó una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 indicaba "No me gusta mucho" y 9 "Me gusta mucho".

Durante la evaluación sensorial de las galletas, se le entregó un plato con la galleta correspondiendo y cada galleta se codificó para evitar cualquier influencia durante la evaluación. Posteriormente, se proporcionó una breve explicación sobre las pautas y escalas de puntuación a seguir.

4.3.4.1. Evaluación olor sensorial

Se presentan en la tabla 41 los resultados correspondientes a la variable de olor sensorial, los cuales fueron obtenidos para cada una de las formulaciones

Tabla 41.

Puntuaciones de la evaluación sensorial del olor sensorial.

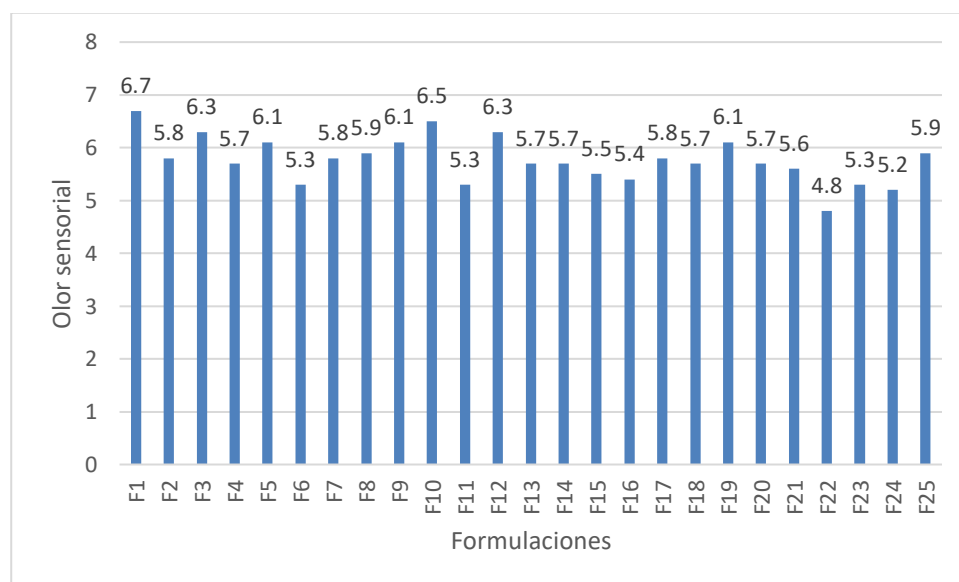
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Olor
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	6.7 ± 1.34
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	5.8 ± 1.23
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	6.3 ± 1.57
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	5.7 ± 1.34
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	6.1 ± 0.99
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	5.3 ± 1.34
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	5.8 ± 0.79
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	5.9 ± 1.20
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	6.1 ± 1.20
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	6.5 ± 1.08
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	5.3 ± 0.48
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	6.3 ± 1.77
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	5.7 ± 1.77
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	5.7 ± 1.64
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	5.5 ± 1.51
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	5.4 ± 1.35
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	5.8 ± 1.23
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	5.7 ± 1.64
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	6.1 ± 1.29
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	5.7 ± 1.64
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	5.6 ± 1.71
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	4.8 ± 1.32
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	5.3 ± 1.70
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	5.2 ± 1.48
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	5.9 ± 1.29

Nota: Media de 30 repeticiones ± DS.

Las puntuaciones de la evaluación sensorial del olor de las formulaciones de galletas varían entre 4.8 (F22, el más bajo) y 6.7 (F1, el más alto). En general, las formulaciones con valores más altos, como F1, F10 y F3, obtuvieron mejores puntuaciones de olor, lo que sugiere una posible influencia positiva de su combinación de ingredientes en la percepción aromática. Por otro lado, formulaciones como F22, F24 y F6 registraron las calificaciones más bajas, indicando una menor aceptación sensorial en este atributo. La dispersión de los valores sugiere que no hay una diferencia extrema entre las formulaciones, pero algunas combinaciones generan una percepción más agradable del olor que otras.

Figura 22.

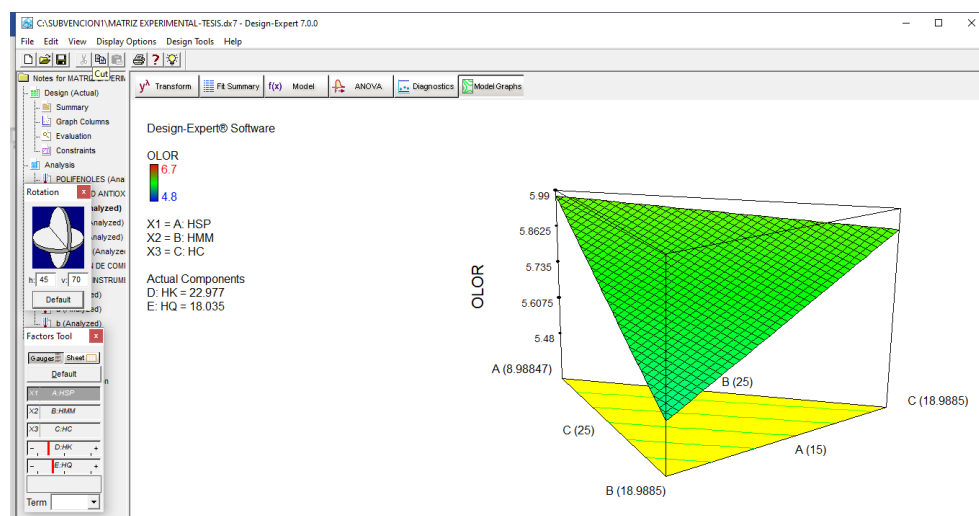
Olor sensorial de las formulaciones de las galletas



El gráfico de barras muestra la cromaticidad de 25 formulaciones distintas, evidenciando variaciones en la intensidad del color. Se observa que la formulación F18 presenta el mayor valor de cromaticidad (9.88), mientras que F9 tiene el menor (6.19), indicando diferencias significativas en la coloración entre formulaciones. La mayoría de las formulaciones presentan valores entre 6 y 8, con algunas excepciones que superan 9. Esto sugiere que la composición de cada formulación influye en la intensidad del color, lo que podría estar relacionado con la concentración de ciertos compuestos responsables de la cromaticidad.

Figura 23.

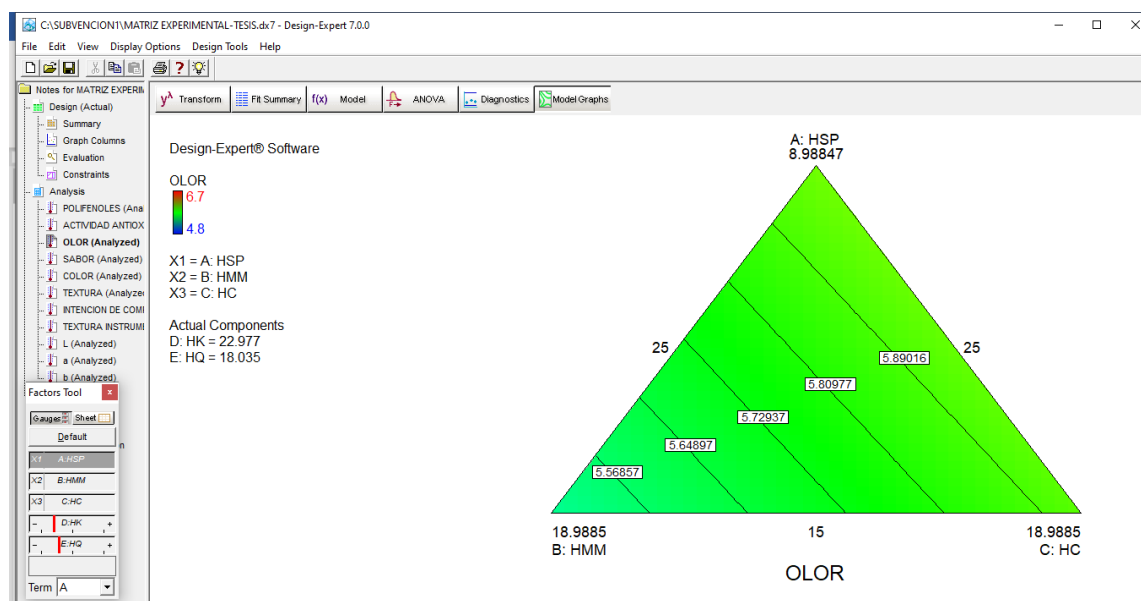
Grafica de superficie de respuesta de Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.



La gráfica tridimensional obtenida en Design Expert muestra la variación del color en función de las proporciones de los componentes HSP, HMM y HC. Se observa que el color alcanza valores máximos en una región específica del espacio de diseño, con un rango de variabilidad moderado. La superficie de respuesta indica que la combinación de estos factores influye directamente en la tonalidad obtenida, sugiriendo que ciertos niveles de los componentes pueden maximizar o minimizar la intensidad del color en la formulación analizada.

Figura 24.

Grafica de contornos de Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.



El gráfico triangular generado en Design Expert muestra la respuesta del olor en función de las proporciones de los componentes HSP, HMM y HC, donde se observa una distribución uniforme con valores relativamente constantes en toda la superficie. La intensidad del olor varía levemente según la combinación de estos

factores, indicando que no hay una influencia drástica de un solo componente, sino una contribución equilibrada de los tres en la formulación analizada.

- **Análisis de varianza de Olor sensorial de las galletas**

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 42, con el objetivo de valorar la relevancia de la cromaticidad como variable de respuesta en relación con las variables independientes

Tabla 42.

Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de olor sensorial de las formulaciones de las galletas.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Cuadrado Medio	Valor F	p-valor	
Mezcla	0.98	4	0.24	1.38	0.2766	No significativa
Lineal Mezcla	0.98	4	0.24	1.38	0.2766	
Residual	3.54	20	0.18			
Falta de Ajuste	1.85	15	0.12	0.37	0.9397	No significativa
Error Puro	1.68	5	0.34			
Total Corregido	4.51	24				

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor F del modelo de 1.38 indica que existe un 27.66% de probabilidad de que un valor tan alto ocurra debido al ruido, lo que sugiere que el modelo no es estadísticamente significativo.

Los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 indican significancia en los términos del modelo, pero en este caso, ningún término resulta significativo, lo que podría afectar la capacidad predictiva del modelo.

Los valores superiores a 0.1000 sugieren términos no significativos. Si el modelo contiene muchos términos insignificantes (sin contar aquellos necesarios para la jerarquía), una reducción del modelo podría mejorar su desempeño y simplicidad.

El valor F de Falta de Ajuste de 0.37 indica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro, con una probabilidad del 93.97% de que dicho valor ocurra debido al ruido. Esto es favorable, ya que sugiere que el modelo se ajusta bien a los datos sin una variabilidad excesiva en el error.

Tabla 43.

Estadísticos del Modelo de olor sensorial de las formulaciones de las galletas.

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	0.42
Media	5.77
C.V. %	7.29
PRESS	6.15
R ²	0.2163
R ² Ajustado	0.0595
R ² Predicho	-0.3621
Precisión Adecuada	3.729

Un R² Predicho negativo (-0.3621) indica que la media general es un mejor predictor de la respuesta que el modelo actual, lo que sugiere una baja capacidad de predicción y una falta de ajuste para hacer estimaciones fuera de los datos analizados.

La Precisión Adecuada de 3.729 se encuentra por debajo del umbral mínimo de 4, lo que sugiere una relación señal-ruido menos favorable, lo que podría afectar la confiabilidad del modelo en la exploración del espacio de diseño.

Además, el R² Ajustado de 0.0595 es bajo, lo que indica que el modelo solo explica una pequeña proporción de la variabilidad en los datos. Esto sugiere que el modelo podría beneficiarse de ajustes o simplificaciones para mejorar su ajuste y capacidad explicativa.

Tabla 44.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de olor sensorial de las formulaciones de las galletas.

Componente	Estimación	df	Error estándar	IC 95% Bajo	IC 95% Alto	VIF
A-HSP	6.02	1	0.3	5.39	6.65	1.19
B-HMM	5.22	1	0.25	4.69	5.74	1.16
C-HC	5.94	1	0.32	5.27	6.6	1.23
D-HK	5.87	1	0.25	5.36	6.39	1.11
E-HQ	5.92	1	0.32	5.25	6.6	1.19

En el análisis de regresión múltiple, se examinaron cinco componentes considerando su estimación, error estándar, intervalo de confianza al 95% (IC 95%) y el factor de inflación de la varianza (VIF). El componente con la mayor estimación fue A-HSP (6.02), con un IC 95% entre 5.39 y 6.65, lo que indica una alta precisión en su estimación. En contraste, la estimación más baja correspondió a B-HMM (5.22), con un IC 95% entre 4.69 y 5.74. Los errores estándar son relativamente bajos, lo que sugiere estabilidad en las estimaciones de los

coeficientes. Además, los valores de VIF varían entre 1.11 y 1.23, lo que indica una baja colinealidad entre los predictores-

4.3.4.2. Evaluación sabor sensorial

Se presentan en la tabla 46 los resultados correspondientes a la variable de sabor sensorial, los cuales fueron obtenidos para cada una de las formulaciones

Tabla 45.

Puntuaciones de la evaluación sensorial del sabor sensorial.

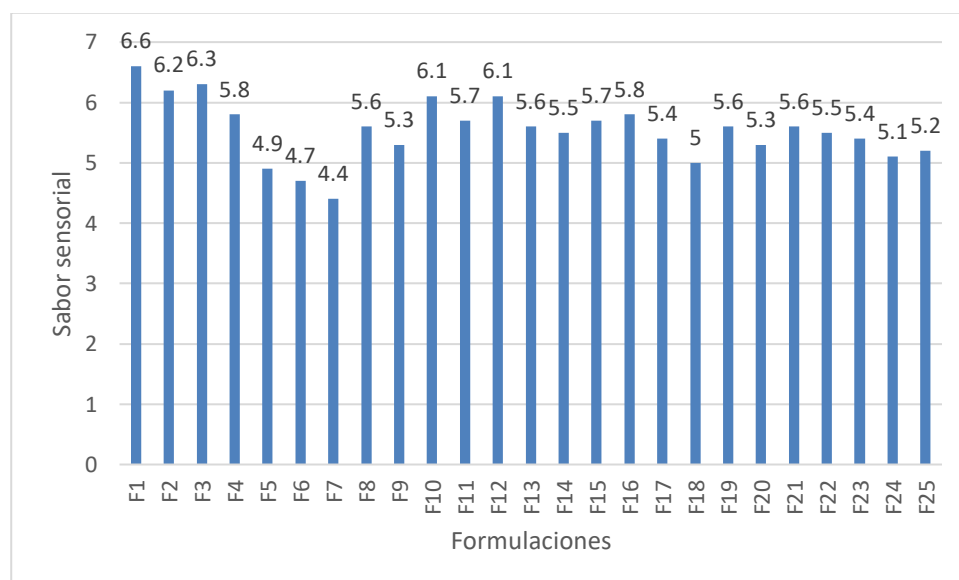
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Sabor
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	6.6 ± 1.51
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	6.2 ± 1.40
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	6.3 ± 2.00
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	5.8 ± 1.69
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	4.9 ± 1.60
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	4.7 ± 1.49
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	4.4 ± 1.84
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	5.6 ± 1.17
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	5.3 ± 1.83
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	6.1 ± 1.79
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	5.7 ± 1.49
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	6.1 ± 1.29
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	5.6 ± 1.26
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	5.5 ± 1.08
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	5.7 ± 1.16
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	5.8 ± 1.87
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	5.4 ± 2.01
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	5.00± 2.05
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	5.6 ± 1.71
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	5.3 ± 1.49
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	5.6 ± 1.51
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	5.5 ± 1.65
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	5.4 ± 1.65
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	5.1 ± 1.52
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	5.2 ± 2.20

Nota: Media de 30 repeticiones ± DS.

Las puntuaciones de la evaluación sensorial del sabor de las galletas muestran una variabilidad entre 4.4 (F7, el más bajo) y 6.6 (F1, el más alto). Las formulaciones con mejores puntuaciones, como F1, F3 y F2, presentan una mayor aceptación del sabor, lo que podría estar relacionado con una combinación equilibrada de ingredientes. En contraste, formulaciones como F7, F6 y F5 obtuvieron las puntuaciones más bajas, indicando una menor preferencia sensorial en cuanto al sabor. La mayoría de las muestras se encuentran en un rango de 5 a 6, lo que sugiere que, en general, las formulaciones fueron aceptables, aunque algunas lograron destacar en mayor medida en términos de sabor.

Figura 25.

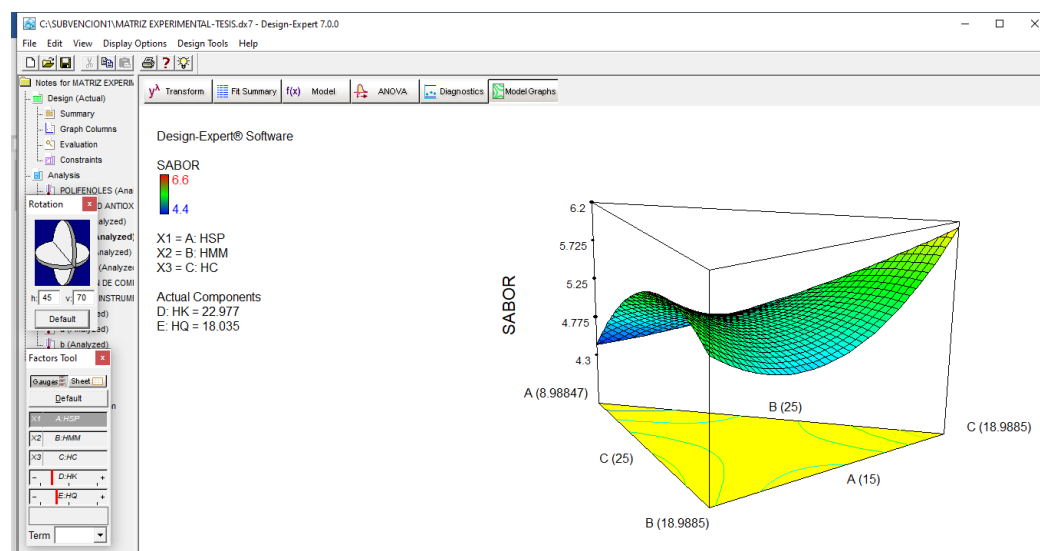
Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.



El gráfico muestra la evaluación sensorial del sabor en distintas formulaciones, con valores que oscilan entre 4.4 y 6.6. La formulación F1 obtuvo la calificación más alta (6.6), seguida de F3 (6.3) y F2 (6.2), lo que indica una mayor preferencia sensorial. En contraste, la formulación F8 presentó la calificación más baja (4.4), lo que sugiere menor aceptación. La mayoría de las formulaciones se encuentran en un rango de 5.0 a 6.0, lo que indica una aceptación general moderada del sabor. Estas variaciones pueden estar influenciadas por la composición y los ingredientes utilizados en cada formulación.

Figura 26.

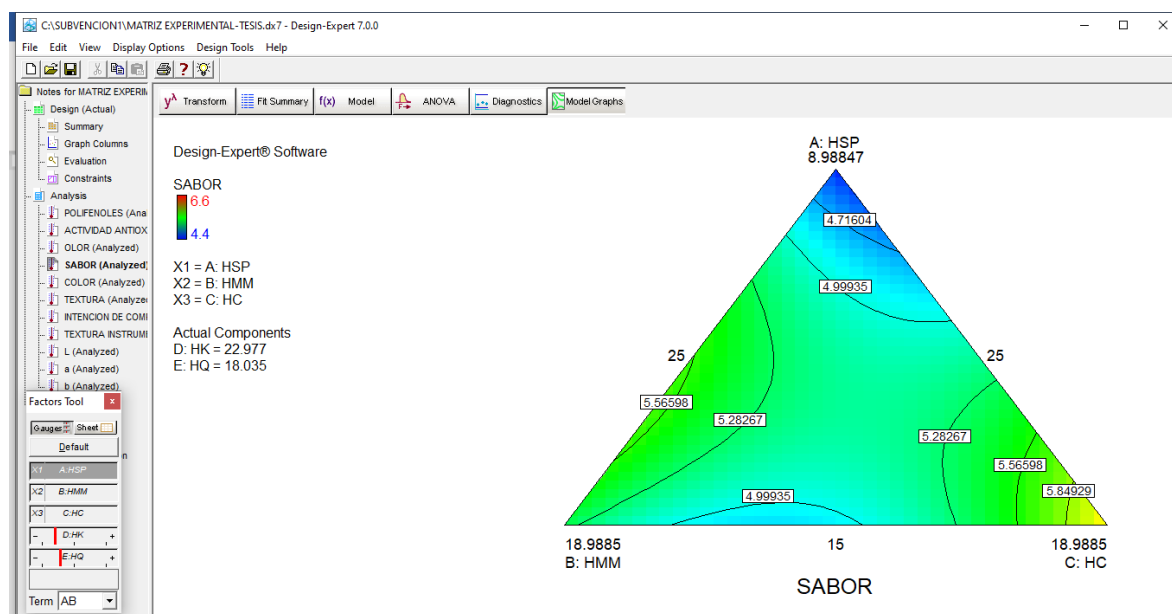
Grafica de superficie de respuesta de Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.



La gráfica tridimensional muestra la influencia de los componentes HSP, HMM y HC en la variable de respuesta "Sabor". Se observa que los valores de sabor varían dentro de un rango de aproximadamente 4.4 a 5.75, con un comportamiento no lineal. En ciertas combinaciones, el sabor presenta mínimos y máximos, lo que indica posibles interacciones entre los componentes. La zona de mayor intensidad de sabor se encuentra en un extremo de la superficie, sugiriendo que una combinación específica de ingredientes optimiza esta característica sensorial.

Figura 27.

Grafica de contornos de Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.



El diagrama de contorno muestra la variación del atributo "Sabor" en función de la proporción de los componentes HSP, HMM y HC. Se observa que los valores más bajos de sabor (en tonos azulados) se encuentran en la región con alta

concentración de HSP, mientras que las áreas con combinaciones específicas de HMM y HC presentan valores más altos (en verde y amarillo). Esto indica que la interacción de estos componentes influye significativamente en la percepción del sabor, sugiriendo que una combinación equilibrada de HMM y HC optimiza esta característica sensorial.

- **Análisis de varianza de Sabor sensorial de las galletas**

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 46, con el objetivo de valorar la relevancia de la cromaticidad como variable de respuesta en relación con las variables independiente.

Tabla 46.

Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Cuadrado Medio	Valor F	p-valor	Significancia
Modelo	4.15	14	0.3	1.5	0.2638	No significativo
Mezcla Lineal	0.23	4	0.057	0.29	0.8809	No significativo
AB	1.27	1	1.27	6.38	0.0301	Significativo
AC	0.039	1	0.039	0.2	0.666	No significativo
AD	0.00261	1	0.00261	0.013	0.9109	No significativo
AE	0.01	1	0.01	0.051	0.8264	No significativo
BC	0.74	1	0.74	3.72	0.0826	No significativo
BD	0.15	1	0.15	0.74	0.4096	No significativo
BE	0.77	1	0.77	3.91	0.0763	No significativo
CD	0.11	1	0.11	0.54	0.4789	No significativo
CE	0.92	1	0.92	4.64	0.0566	No significativo
DE	0.97	1	0.97	4.91	0.051	No significativo
Residual	1.98	10	0.2	-	-	-
Falta de Ajuste	0.44	5	0.089	0.29	0.9011	No significativo
Error Puro	1.54	5	0.31	-	-	-
Total Corregido	6.14	24	-	-	-	-

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor F del modelo de 1.50 indica que hay un 26.38% de probabilidad de que un valor tan alto ocurra debido al ruido, lo que sugiere que el modelo no es estadísticamente significativo en su conjunto.

Los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, solo el término AB es significativo ($p = 0.0301$), lo que sugiere que este factor influye en la variable de respuesta.

Por otro lado, los valores superiores a 0.1000 indican términos no significativos. La mayoría de los términos del modelo no son significativos, lo que puede reducir su capacidad predictiva. Si hay demasiados términos irrelevantes (sin contar aquellos necesarios por razones de jerarquía), una simplificación del modelo podría mejorar su precisión y utilidad.

El valor F de Falta de Ajuste de 0.29 indica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro, con un 90.11% de probabilidad de que este valor ocurra debido al ruido. Esto es positivo, ya que sugiere que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos sin generar errores excesivos.

Tabla 47.

Estadísticos del Modelo de sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	0.45
Media	5.54
C.V. %	8.04
PRESS	10.37
R ²	0.6769
R ² Ajustado	0.2246
R ² Predicho	-0.6899
Precisión Adecuada	5.648

Un R² Predicho negativo (-0.6899) indica que la media general proporciona una mejor predicción de la respuesta que el modelo actual, lo que sugiere una capacidad predictiva limitada y una falta de ajuste para realizar estimaciones fuera del conjunto de datos analizado.

La Precisión Adecuada de 5.648 supera el umbral mínimo de 4, lo que indica una relación señal-ruido aceptable y sugiere que el modelo puede ser útil para explorar el espacio de diseño, aunque su confiabilidad aún podría mejorarse.

Por otro lado, el R² Ajustado de 0.2246 es relativamente bajo, lo que significa que el modelo solo explica una parte limitada de la variabilidad en los datos. Esto sugiere que el modelo podría beneficiarse de ajustes adicionales o simplificaciones para mejorar su precisión y capacidad explicativa.

Tabla 48.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.

Componente	Estimación	df	Error	IC 95% Bajo	IC 95% Alto	VIF
A-HSP	3.44	1	1.01	1.19	5.68	11.83
B-HMM	5.41	1	0.48	4.35	6.47	3.71
C-HC	8.86	1	1.85	4.73	12.99	37.07
D-HK	5.82	1	0.31	5.12	6.51	1.58
E-HQ	9.26	1	1.85	5.14	13.38	34.49
AB	7.36	1	2.91	0.87	13.85	4.06
AC	-1.78	1	3.99	-10.68	7.12	10.64
AD	-0.36	1	3.12	-7.31	6.59	3.29
AE	-0.85	1	3.79	-9.3	7.59	6.2
BC	-8.64	1	4.48	-18.62	1.34	15.03
BD	2.59	1	3.01	-4.12	9.3	2.6
BE	-6.32	1	3.2	-13.44	0.8	4.38
CD	-2.67	1	3.62	-10.74	5.41	2.88
CE	-11.7	1	5.43	-23.79	0.4	12.33
DE	-12.21	1	5.51	-24.49	0.065	17.62

En el análisis de regresión múltiple, se evaluaron varios componentes considerando su estimación, error estándar, intervalo de confianza al 95% (IC 95%) y el factor de inflación de la varianza (VIF).

El componente con la mayor estimación fue E-HQ (9.26), con un IC 95% entre 5.14 y 13.38, lo que sugiere un efecto significativo en la respuesta. En contraste, la estimación más baja correspondió a DE (-12.21), con un IC 95% entre -24.49 y 0.065, indicando una alta incertidumbre en su influencia.

Los errores estándar varían entre 0.31 (D-HK) y 5.51 (DE), lo que implica diferencias en la precisión de las estimaciones. Valores más bajos de error sugieren estimaciones más confiables, mientras que valores más altos pueden indicar variabilidad en los datos.

El análisis de VIF muestra que algunos términos presentan valores elevados, como C-HC (37.07) y E-HQ (34.49), lo que sugiere una posible colinealidad con otros predictores. En contraste, otros términos como D-HK (1.58) y BD (2.6) presentan valores bajos, lo que minimiza el riesgo de multicolinealidad.

En general, el modelo presenta términos con estimaciones tanto positivas como negativas, lo que indica efectos contrastantes en la respuesta. Sin embargo, la presencia de valores de VIF elevados sugiere que podría ser conveniente revisar la estructura del modelo para reducir la colinealidad y mejorar su estabilidad.

predictiva.

4.3.4.3. Evaluación color sensorial

Se presentan en la tabla 49 los resultados correspondientes a la variable de color sensorial, los cuales fueron obtenidos para cada una de las formulaciones

Tabla 49.

Puntuaciones de la evaluación sensorial del color sensorial.

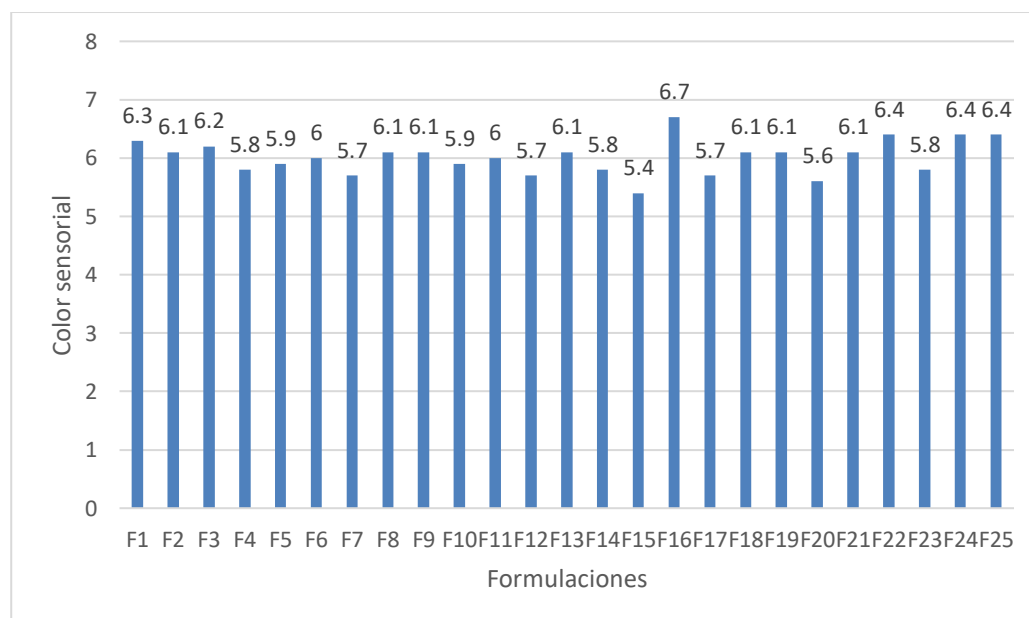
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	color
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	6.3 ± 1.77
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	6.1 ± 1.52
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	6.2 ± 1.69
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	5.8 ± 1.69
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	5.9 ± 1.79
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	6.0 ± 1.70
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	5.7 ± 1.42
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	6.1 ± 1.52
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	6.1 ± 1.85
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	5.9 ± 1.79
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	6.0 ± 1.56
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	5.7 ± 1.49
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	6.1 ± 1.91
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	5.8 ± 1.69
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	5.4 ± 1.78
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	6.7 ± 1.83
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	5.7 ± 1.95
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	6.1 ± 1.60
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	6.1 ± 1.66
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	5.6 ± 1.58
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	6.1 ± 1.66
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	6.4 ± 1.65
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	5.8 ± 1.75
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	6.4 ± 1.65
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	6.4 ± 1.43

Nota: Media de 30 repeticiones ± DS.

Las puntuaciones de la evaluación sensorial del color de las galletas oscilan entre 5.4 (F15, la más baja) y 6.7 (F16, la más alta), indicando que la mayoría de las formulaciones fueron bien aceptadas en términos de apariencia. Las formulaciones con mejores calificaciones, como F16, F22, F24 y F25, sugieren que la combinación de ingredientes en estas muestras resultó visualmente más atractiva. En contraste, F15 y F20 obtuvieron puntuaciones más bajas, lo que indica una menor aceptación en color. La mayoría de las formulaciones se encuentran en un rango de 5.7 a 6.4, lo que sugiere una aceptación general positiva con algunas variaciones entre muestras.

Figura 28.

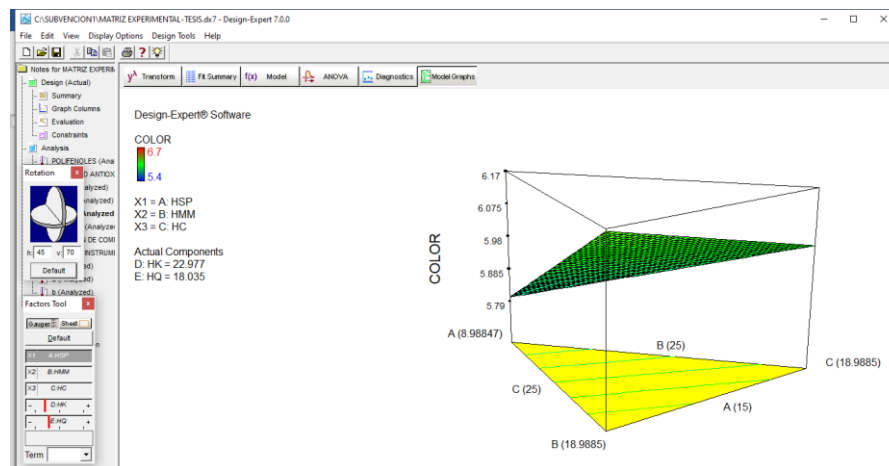
Color sensorial de las formulaciones de las galletas.



El gráfico muestra la evaluación sensorial del color en distintas formulaciones, con valores que oscilan entre 5.4 y 6.7. La formulación F17 obtuvo la calificación más alta (6.7), seguida de F24 y F25 (6.4), lo que indica una mayor aceptación visual. En contraste, la formulación F14 presentó la calificación más baja (5.4), aunque la mayoría de las formulaciones se encuentran en un rango entre 5.7 y 6.2, lo que sugiere una percepción relativamente uniforme del color entre las muestras. Estas variaciones pueden estar relacionadas con diferencias en los ingredientes o procesos de preparación utilizados en cada formulación.

Figura 29.

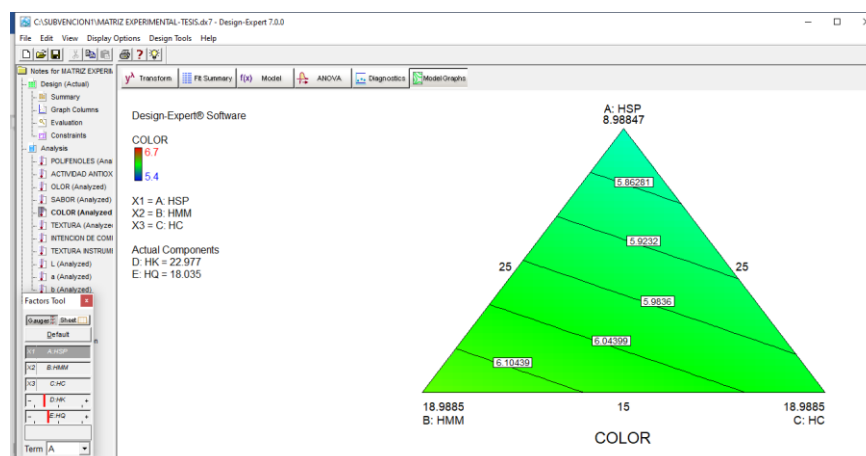
Grafica de superficie de respuesta de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.



La gráfica tridimensional generada en Design-Expert muestra la influencia de las variables HSP, HMM y HC en la respuesta "COLOR". Se observa una tendencia en la que el color varía dentro de un rango de aproximadamente 5.4 a 6.1, con un incremento en la respuesta conforme cambian las proporciones de los componentes. La superficie de respuesta indica que ciertas combinaciones específicas de ingredientes generan una mayor intensidad de color, mientras que otras mantienen valores más bajos, lo que sugiere una interacción significativa entre los factores estudiados.

Figura 30.

Grafica de contornos de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.



La gráfica de contorno muestra la relación entre las variables HSP, HMM y HC con la respuesta "COLOR". Se observa una distribución gradual del color en función de la combinación de ingredientes, con valores que oscilan entre 5.4 y 6.1. Las áreas más claras indican valores más altos de color, mientras que las más oscuras representan niveles más bajos. Esto sugiere que ciertas proporciones específicas de HSP, HMM y HC influyen en la intensidad del color, permitiendo optimizar la formulación para alcanzar el tono deseado.

- **Análisis de varianza de Color sensorial de las galletas**

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 50, con el objetivo de valorar la relevancia de la cromaticidad como variable de respuesta en relación con las variables independientes

Tabla 50.

Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Cuadrado Medio	Valor F	p-valor	
Mezcla	0.74	4	0.18	2.72	0.0588	No significativa
Lineal Mezcla	0.74	4	0.18	2.72	0.0588	
Residual	1.36	20	0.068			
Falta de Ajuste	0.93	15	0.062	0.73	0.7097	No significativa
Error Puro	0.42	5	0.685			
Total Corregido	2.09	24				

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor F del modelo de 2.72 implica que hay un 5.88% de probabilidad de que un "Valor F del Modelo" tan grande ocurra debido al ruido.

Los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, no hay términos significativos en el modelo.

Los valores mayores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos. Si hay muchos términos insignificantes en el modelo (sin contar aquellos necesarios para mantener la jerarquía), reducir el modelo podría mejorarlo.

El "Valor F de Falta de Ajuste" de 0.73 implica que la Falta de Ajuste no es significativa en relación con el error puro. Hay un 70.97% de probabilidad de que un "Valor F de Falta de Ajuste" tan grande ocurra debido al ruido.

Tabla 51.

Estadísticos del Modelo de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	0.26
Media	6.02
C.V. %	4.33
PRESS	2.28
R ²	0.3523
R ² Ajustado	0.2228
R ² Predicho	-0.0899
Precisión Adecuada	5.599

Un "R² Predicho" negativo (-0.0899) sugiere que la media general es un mejor predictor de la respuesta que el modelo actual, lo que indica una capacidad de predicción limitada y una posible falta de ajuste para estimaciones fuera de los datos analizados.

La "Precisión Adecuada" de 5.599 supera el umbral mínimo de 4, lo que señala una relación señal-ruido aceptable y sugiere que el modelo podría ser útil para explorar el espacio de diseño. Sin embargo, el bajo R² Ajustado (0.2228) indica que el modelo solo explica una pequeña parte de la variabilidad en los datos, lo que sugiere que aún podría mejorarse para obtener un mejor ajuste y mayor capacidad explicativa.

Tabla 52.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de Color sensorial de las formulaciones de las galletas.

Componente	Estimación	df	Error estándar	IC 95% Bajo	IC 95% Alto	VIF
A-HSP	5.65	1	0.19	5.26	6.04	1.19
B-HMM	6.25	1	0.16	5.92	6.58	1.16
C-HC	6	1	0.2	5.59	6.41	1.23
D-HK	6.33	1	0.15	6.01	6.65	1.11
E-HQ	5.73	1	0.2	5.31	6.15	1.19

En el análisis de regresión múltiple, se evaluaron cinco componentes en función de su estimación, error estándar, intervalo de confianza al 95% (IC 95%) y el factor de inflación de la varianza (VIF).

El componente D-HK presentó la mayor estimación (6.33), con un IC 95% entre 6.01 y 6.65, lo que indica una alta precisión en su estimación. Por otro lado, el componente con la estimación más baja fue A-HSP (5.65), con un IC 95% entre 5.26 y 6.04.

Los valores de error estándar son bajos, lo que sugiere estabilidad en las estimaciones de los coeficientes. Además, los valores de VIF oscilan entre 1.11 y 1.23, lo que indica una baja colinealidad entre los predictores, lo que es ideal para evitar problemas de multicolinealidad en el modelo. Estos resultados sugieren que los coeficientes están bien estimados y que el modelo presenta buena estabilidad y precisión.

4.3.4.4. Evaluación intención de compra

Se presentan en la tabla 53 los resultados correspondientes a la variable de intención de compra, los cuales fueron obtenidos para cada una de las formulaciones

Tabla 53.*Puntuaciones de la evaluación sensorial de la intención de compras.*

Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Intención de compra
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	3.7 ± 1.42
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	3.5 ± 0.97
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	3.6 ± 1.07
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	3.3 ± 1.49
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	3.1 ± 1.45
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	3.3 ± 1.70
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	3.2 ± 1.48
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	3.4 ± 1.71
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	3.4 ± 1.43
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	3.0 ± 1.33
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	3.9 ± 1.66
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	3.2 ± 1.48
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	3.4 ± 1.51
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	3.5 ± 1.78
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	3.5 ± 2.01
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	4.0 ± 1.70
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	3.3 ± 1.77
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	3.1 ± 1.91
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	3.5 ± 1.72
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	3.6 ± 1.51
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	3.7 ± 1.49
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	3.5 ± 1.90
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	3.3 ± 1.83
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	3.1 ± 1.45
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	3.1 ± 1.60

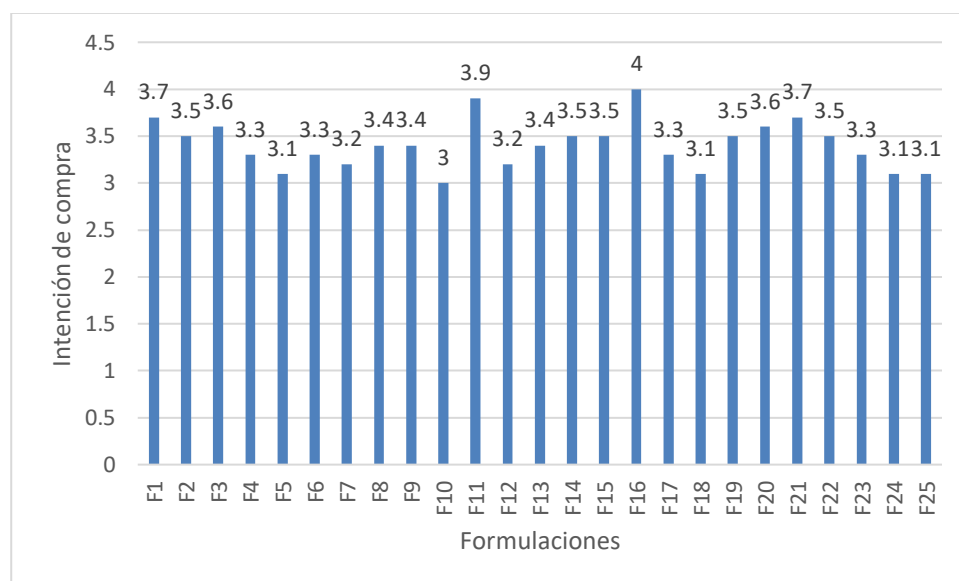
Nota: Media de 30 repeticiones ± DS.

Las puntuaciones de la evaluación sensorial de la intención de compra oscilan entre 3.0 (F10, la más baja) y 4.0 (F16, la más alta), lo que indica una moderada aceptación general, sin alcanzar valores altos. Las formulaciones con mejor intención de compra, como F16 (4.0), F11 (3.9) y F1/F21 (3.7), sugieren una mayor disposición del consumidor a adquirirlas, posiblemente debido a una

combinación favorable de atributos sensoriales. En contraste, formulaciones como F10, F5, F18, F24 y F25, con puntuaciones alrededor de 3.0-3.1, muestran menor interés de compra. La mayoría de las formulaciones se encuentran en un rango de 3.2 a 3.6, lo que sugiere que los consumidores perciben las muestras como aceptables, pero sin una fuerte preferencia de compra.

Figura 31.

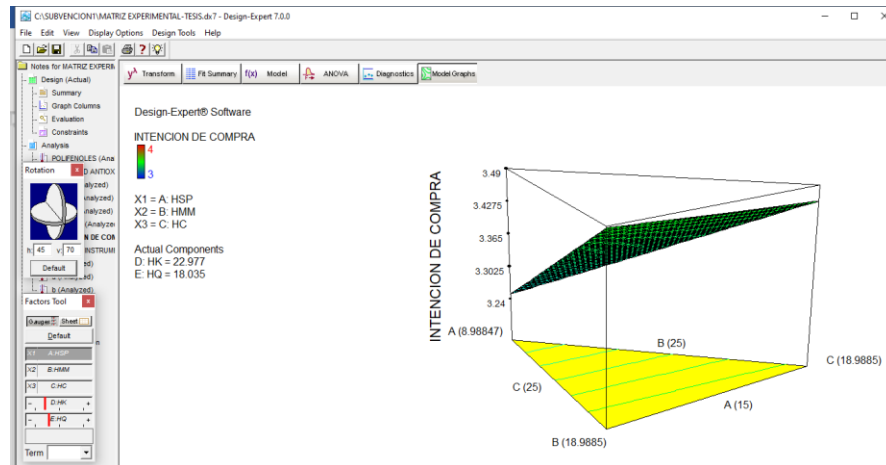
Intención de compra de las formulaciones de las galletas.



El gráfico muestra la intención de compra de distintas formulaciones, con valores que varían entre 3.0 y 4.0. La formulación F17 obtuvo la calificación más alta (4.0), seguida de F12 (3.9) y F1 y F23 (3.7), lo que indica una mayor predisposición a la compra. En contraste, la formulación F10 obtuvo la calificación más baja (3.0), seguida de F6, F19 y F25 con 3.1. La mayoría de las formulaciones presentan valores en torno a 3.3 y 3.6, lo que sugiere una aceptación moderada del producto. Las diferencias en la intención de compra pueden estar relacionadas con factores sensoriales como sabor y color, así como con la percepción general de calidad del producto.

Figura 32.

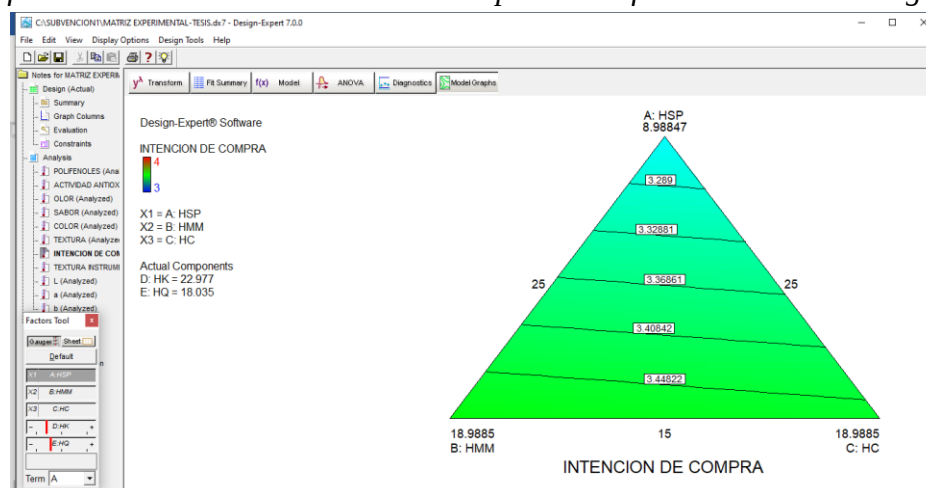
Grafica de superficie de respuesta de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.



La gráfica tridimensional generada en Design-Expert muestra la influencia de los componentes HSP, HMM y HC en la intención de compra. Se observa una variación en la respuesta, donde ciertas combinaciones generan una mayor intención de compra, mientras que otras reducen este valor. La superficie inclinada indica que el efecto no es uniforme, y que el incremento de alguno de los factores contribuye positivamente a la percepción del consumidor. Esto sugiere que la formulación puede optimizarse para maximizar la intención de compra en función de los ingredientes seleccionados.

Figura 33.

Grafica de contornos de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.



La gráfica de superficie de respuesta muestra el efecto de los componentes HSP, HMM y HC en la intención de compra. Se observa una tendencia ascendente en la respuesta a medida que se incrementa la proporción de HSP, lo que indica que este componente tiene una influencia positiva en la percepción del consumidor. En contraste, combinaciones con menor proporción de HSP y mayor de HMM o HC tienden a reducir la intención de compra. Esto sugiere que la formulación óptima debe priorizar una mayor cantidad de HSP para maximizar la aceptación del

producto.

- **Análisis de varianza de Intención de compra de las galletas**

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 54, con el objetivo de valorar la relevancia de la cromaticidad como variable de respuesta en relación con las variables independientes

Tabla 54.

Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Cuadrado Medio	Valor F	P-valor	
Mezcla	0.25	4	0.062	0.95	0.4582	No significativa
Lineal Mezcla	0.25	4	0.062	0.95	0.4582	
Residual	1.31	20	0.066			
Falta de Ajuste	0.96	15	0.064	0.91	0.596	No significativa
Error Puro	0.35	5	0.070			
Total Corregido	1.56	24				

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El Valor F del Modelo de 0.95 indica que existe un 45.82% de probabilidad de que un "Valor F del Modelo" de esta magnitud ocurra debido al ruido, lo que sugiere que el modelo no es significativo en su conjunto.

Los valores de "Prob > F" inferiores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos; sin embargo, en este caso, todos los términos presentan valores superiores a este umbral, lo que indica que ninguno de ellos es estadísticamente significativo. Por otro lado, los valores mayores a 0.1000 refuerzan la falta de significancia, lo que sugiere que el modelo podría beneficiarse de una reducción o simplificación, eliminando términos innecesarios.

El Valor F de Falta de Ajuste de 0.91 implica que la falta de ajuste no es significativa en comparación con el error puro, con un 59.6% de probabilidad de que este resultado se deba al ruido. Esta falta de ajuste no significativa es favorable, ya que sugiere que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos. Sin embargo, dado que el modelo en general no es significativo, es recomendable revisar su estructura y considerar ajustes para mejorar su capacidad predictiva.

Tabla 55.

Estadísticos del Modelo de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	0.26
Media	3.41
C.V. %	7.51
PRESS	2.13
R ²	0.1591
R ² Ajustado	-0.0091
R ² Predicho	-0.3665
Precisión Adecuada	2.968

Un R² Predicho negativo (-0.3665) indica que la media general es un mejor predictor de la respuesta que el modelo actual, lo que sugiere una baja capacidad predictiva y una posible falta de ajuste para realizar estimaciones fuera del conjunto de datos analizados. La Precisión Adecuada de 2.968 está por debajo del umbral mínimo recomendado de 4, lo que sugiere una relación señal-ruido deficiente y pone en duda la utilidad del modelo para explorar el espacio de diseño.

Además, el R² Ajustado negativo (-0.0091) indica que el modelo no explica adecuadamente la variabilidad en los datos y que su capacidad explicativa es muy limitada. En conjunto, estos resultados sugieren que el modelo podría necesitar modificaciones o simplificaciones para mejorar su ajuste y hacer que sea más confiable para la predicción.

Tabla 56.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.

Componente	Estimación	df	Error estándar	IC 95% Bajo	IC 95% Alto	VIF
A-HSP	3.21	1	0.18	2.82	3.59	1.19
B-HMM	3.6	1	0.15	3.28	3.92	1.16
C-HC	3.56	1	0.19	3.16	3.97	1.23
D-HK	3.34	1	0.15	3.03	3.66	1.11
E-HQ	3.29	1	0.2	2.87	3.7	1.19

En el análisis de regresión, se evaluaron los componentes en función de su estimación, error estándar, intervalos de confianza al 95% (IC 95%) y los valores de inflación de la varianza (VIF).

El componente B-HMM presenta la estimación más alta (3.60), con un IC 95% entre 3.28 y 3.92, lo que indica que su efecto es relativamente estable dentro de este rango. Le sigue el componente C-HC con una estimación de 3.56 y un IC 95% entre 3.16 y 3.97.

Por otro lado, el componente con la estimación más baja es A-HSP (3.21), con un IC 95% entre 2.82 y 3.59, lo que sugiere que su efecto es menor en comparación con los otros componentes. Los valores VIF oscilan entre 1.11 y 1.23, lo que indica niveles bajos de multicolinealidad-

4.3.4.5. Evaluación textura sensorial

Tabla 57.

Puntuaciones de la evaluación sensorial de la Textura sensorial.

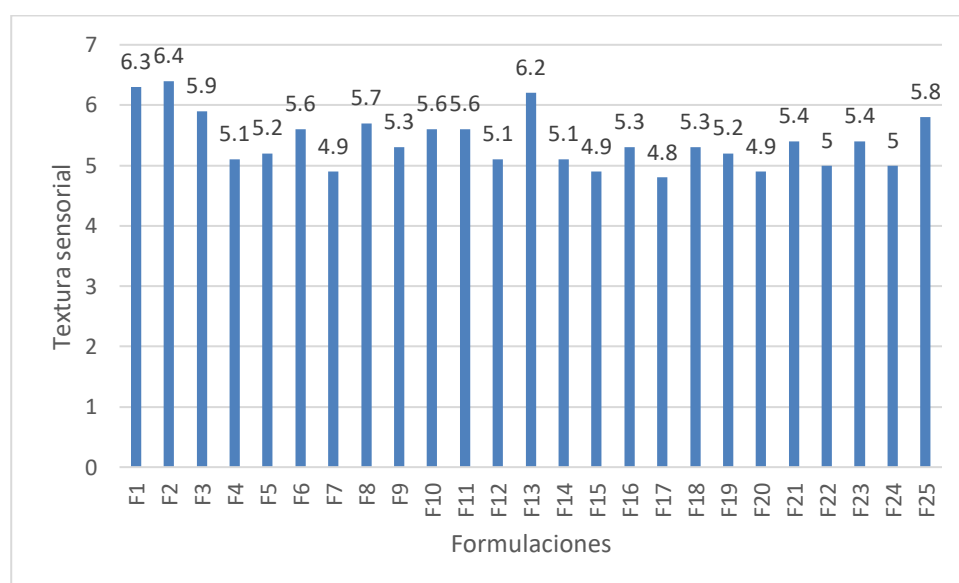
Formula	Hsp(%)	Hmm(%)	Hc(%)	Hk(%)	Hq(%)	Textura
F1	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	6.3 ± 2.11
F2	14.995	24.997	19.787	25.000	15.221	6.4 ± 1.84
F3	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	5.9 ± 2.73
F4	11.133	22.026	25.000	21.846	19.996	5.1 ± 2.02
F5	11.813	25.000	23.378	22.321	17.488	5.2 ± 2.10
F6	14.419	22.489	21.221	24.382	17.489	5.6 ± 1.26
F7	8.016	25.000	24.278	22.709	19.996	4.9 ± 1.37
F8	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	5.7 ± 1.77
F9	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	5.3 ± 1.25
F10	13.147	23.085	23.682	25.000	15.086	5.6 ± 1.07
F11	12.340	19.961	23.031	25.000	19.668	5.6 ± 1.17
F12	10.767	21.828	25.000	24.998	17.407	5.1 ± 2.13
F13	10.487	24.996	19.519	24.998	20.000	6.2 ± 1.99
F14	9.123	24.998	25.000	24.995	15.883	5.1 ± 1.66
F15	14.998	21.127	18.879	25.000	19.996	4.9 ± 1.97
F16	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	5.3 ± 2.16
F17	8.013	21.993	24.998	25.000	19.996	4.8 ± 1.87
F18	12.752	24.852	23.748	18.834	19.814	5.3 ± 1.70
F19	15.000	20.822	21.904	22.275	19.999	5.2 ± 1.69
F20	14.996	24.998	25.000	21.765	13.241	4.9 ± 2.02
F21	14.998	25.000	20.811	21.032	18.159	5.4 ± 1.96
F22	14.998	15.945	25.000	24.062	19.995	5.0 ± 1.56
F23	14.999	18.986	25.000	24.996	16.019	5.4 ± 1.84
F24	14.995	24.995	24.998	15.012	20.000	5.0 ± 1.41
F25	14.999	21.372	25.000	21.077	17.552	5.8 ± 1.55

Nota: Media de 30 repeticiones ± DS.

La Tabla 57 muestra las puntuaciones de la evaluación sensorial de la textura en 25 formulaciones (F1-F25), con valores expresados como media $\pm$ desviación estándar obtenidos a partir de 30 repeticiones. Se analizan cinco parámetros (Hsp, Hmm, Hc, Hk y Hq) que varían en cada formulación, reflejando su influencia en la percepción de la textura. Los puntajes sensoriales oscilan entre 4.8 y 6.4, donde la formulación F2 obtuvo la calificación más alta (6.4 ± 1.84), mientras que F17 presentó la menor (4.8 ± 1.87). En general, las formulaciones con mayores valores de Hk y Hq tienden a obtener mejores puntuaciones en textura, lo que sugiere que estos parámetros podrían estar relacionados con una mayor aceptación sensorial. Asimismo, la variabilidad en los puntajes indica diferencias en la percepción de los evaluadores, lo que puede ser útil para optimizar las formulaciones y mejorar la calidad sensorial del producto final.

Figura 34.

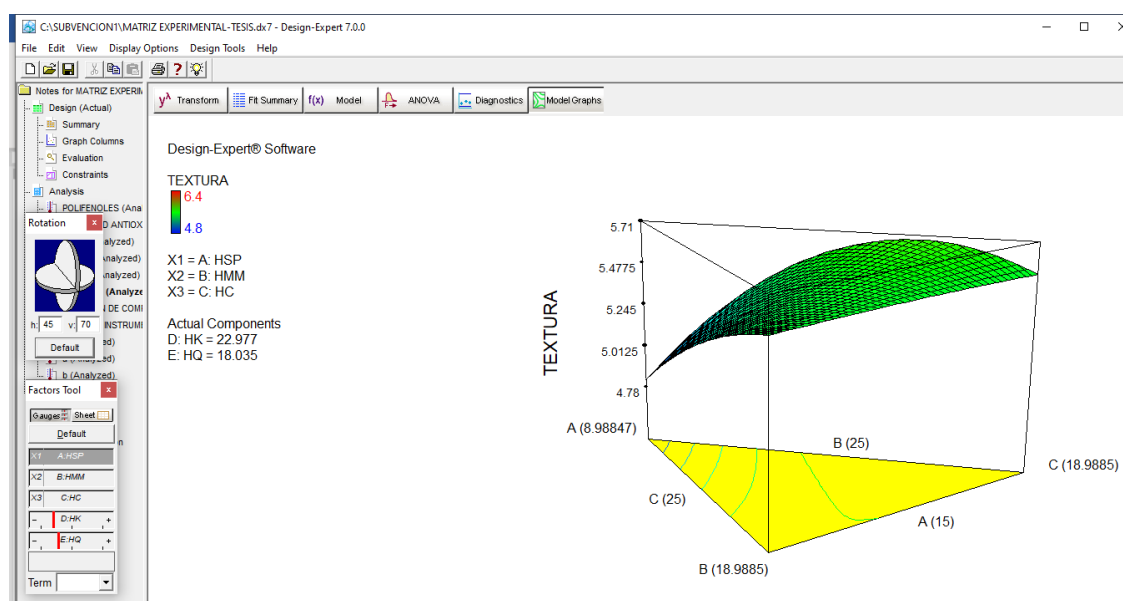
Textura sensorial de las formulaciones de las galletas.



El gráfico muestra la evaluación sensorial de la textura en distintas formulaciones, con valores que oscilan entre 4.8 y 6.4. Las formulaciones F2 (6.4), F1 (6.3) y F13 (6.2) obtuvieron las calificaciones más altas, lo que indica una mayor aceptación en términos de textura. En contraste, F16 (4.8), F8 (4.9), F14 (4.9) y F18 (4.9) fueron las menos valoradas, reflejando una menor preferencia en esta característica. La mayoría de las formulaciones tienen puntuaciones entre 5.0 y 5.8, lo que sugiere una percepción moderadamente positiva de la textura. Estas variaciones pueden influir en la intención de compra y en la aceptación general del producto.

Figura 35.

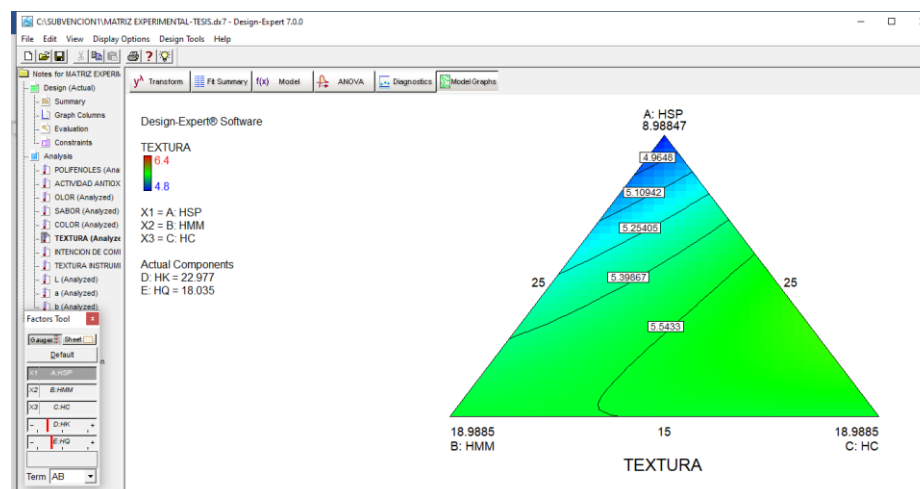
Grafica de superficie de respuesta de la Textura sensorial de las formulaciones de las galletas.



El gráfico generado en Design-Expert muestra la respuesta de la textura en función de las variables X1 (HSP), X2 (HMM) y X3 (HC). Se observa que la textura varía en un rango de 4.8 a 5.4, con valores más altos en la región donde predomina la combinación de HSP y HMM, mientras que las zonas con menor presencia de estos componentes presentan valores de textura más bajos. Esto indica que la formulación influye significativamente en la textura, con una tendencia positiva en la combinación de ciertos ingredientes.

Figura 36.

Grafica de contornos de la Textura sensorial de las formulaciones de las galletas.



El diagrama triangular muestra la respuesta de la textura en función de las proporciones de los componentes HSP, HMM y HC. Se observa que los valores más altos de textura (aproximadamente 5.8) se encuentran en la zona con mayor contenido de HSP, mientras que los valores más bajos (cerca de 5.4) se presentan

en regiones con menor proporción de este componente. Esto sugiere que la textura mejora con un mayor contenido de HSP, indicando su influencia positiva en la formulación.

- **Análisis de varianza de la Textura sensorial de las galletas**

Se efectuó un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, tal como se muestra en la tabla 58, con el objetivo de valorar la relevancia de la cromaticidad como variable de respuesta en relación con las variables independientes

Tabla 58.

Tabla de ANOVA para el Modelo Lineal de Mezcla de textura sensorial de las formulaciones de las galletas.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Cuadrado Medio	Valor F	p-valor (Prob > F)	Significancia
Modelo	3.34	14	0.24	1.55	0.2469	No significativo
Mezcla Lineal	1.15	4	0.29	1.87	0.1931	No significativo
AB	0.021	1	0.021	0.14	0.72	No significativo
AC	0.28	1	0.28	1.82	0.2074	No significativo
AD	0.032	1	0.032	0.21	0.6579	No significativo
AE	4.27E-03	1	4.27E-03	0.028	0.8712	No significativo
BC	1.27E-04	1	1.27E-04	8.26E-04	0.9776	No significativo
BD	0.081	1	0.081	0.52	0.4854	No significativo
BE	0.032	1	0.032	0.2	0.6604	No significativo
CD	0.062	1	0.062	0.4	0.5414	No significativo
CE	0.13	1	0.13	0.86	0.3765	No significativo
DE	1.30E-03	1	1.30E-03	8.40E-03	0.9288	No significativo
Residuo	1.54	10	0.15	-	-	-
Falta de Ajuste	0.21	5	0.041	0.16	0.9691	No significativo
Error Puro	1.33	5	0.27	-	-	-
Total Corregido	4.88	24	-	-	-	-

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor F del modelo es 1.55, lo que indica una probabilidad del 24.69% de que los resultados sean producto del ruido. Esto sugiere que el modelo no es

estadísticamente significativo en su conjunto y que su capacidad explicativa sobre la variable de respuesta es limitada.

Para que un término del modelo sea considerado significativo, su valor de "Prob > F" debe ser menor a 0.0500. En este caso, todos los términos presentan valores superiores a este umbral, lo que indica que ninguno tiene un impacto relevante en la variable dependiente.

Adicionalmente, los términos con valores de "Prob > F" superiores a 0.1000 refuerzan su falta de significancia. La mayoría de los términos evaluados se encuentran en esta categoría, lo que sugiere que el modelo podría estar incluyendo factores irrelevantes. Para mejorar su precisión y utilidad, podría ser recomendable simplificarlo eliminando aquellos términos que no contribuyen significativamente a la explicación de la variable de respuesta.

El valor F de Falta de Ajuste es 0.16, con una probabilidad del 96.91%, lo que indica que la falta de ajuste no es significativa en comparación con el error puro. Esto es positivo, ya que sugiere que el modelo no genera errores excesivos en los datos. Sin embargo, la baja capacidad explicativa del modelo en su conjunto limita su utilidad predictiva, lo que podría requerir ajustes adicionales para mejorar su desempeño.

Tabla 59.

Estadísticos del Modelo de textura sensorial de las formulaciones de las galletas.

Parámetro	Valor
Desviación Estándar	0.39
Media	5.40
C.V. %	7.27
PRESS	7.760
R ²	0.6839
R ² Ajustado	0.2415
R ² Predicho	-0.5901
Precisión Adecuada	4.788

El R² Predicho de -0.5901 indica que el modelo tiene una capacidad predictiva muy baja, incluso peor que si se utilizara la media general como predictor. Un valor negativo sugiere que el modelo no es confiable para hacer predicciones fuera del conjunto de datos analizado y que podría estar sobreajustado a los datos disponibles.

La Precisión Adecuada de 4.788 supera el umbral mínimo de 4, lo que indica una relación señal-ruido aceptable. Sin embargo, aunque el modelo tiene cierta capacidad para explorar el espacio de diseño, su desempeño general sigue siendo

limitado y podría no ser suficientemente robusto para realizar predicciones con alta confianza.

El R^2 Ajustado de 0.2415 muestra que el modelo solo explica el 24.15% de la variabilidad en los datos, lo que indica que una gran parte de la variabilidad de la respuesta no es explicada por los factores incluidos en el modelo. Aunque este valor no es negativo, sigue siendo bajo, lo que sugiere la necesidad de mejorar la estructura del modelo para obtener una mejor capacidad explicativa.

La desviación estándar de 0.39 en comparación con la media de 5.40 da un coeficiente de variación (C.V.) del 7.27%, lo que indica una variabilidad moderada en los datos. Un C.V. relativamente bajo puede sugerir cierta estabilidad en las mediciones, aunque la baja capacidad explicativa del modelo limita su utilidad.

Tabla 60.

Parámetros del modelo y análisis estadístico de textura sensorial de las formulaciones de las galletas.

Componente	Estimado	df	Error	Límite Inferior (Low)	Límite Superior (High)	VIF
A-HSP	4.56	1	0.89	2.58	6.53	11.83
B-HMM	4.95	1	0.42	4.01	5.88	3.71
C-HC	5.16	1	1.63	1.51	8.8	37.07
D-HK	5.68	1	0.28	5.06	6.29	1.58
E-HQ	5.28	1	1.63	1.64	8.91	34.49
AB	0.95	1	2.57	-4.78	6.67	4.06
AC	4.75	1	3.52	-3.1	12.6	10.64
AD	-1.26	1	2.75	-7.39	4.87	3.29
AE	0.56	1	3.34	-6.89	8	6.2
BC	0.11	1	3.95	-8.69	8.91	15.03
BD	1.92	1	2.66	-3.99	7.84	2.6
BE	1.28	1	2.82	-5	7.56	4.38
CD	-2.02	1	3.2	-9.14	5.1	2.88
CE	4.43	1	4.79	-6.24	15.1	12.33
DE	-0.45	1	4.86	-11.27	10.38	17.62

En el análisis de regresión múltiple, se evaluaron diversos componentes en términos de su estimación, error estándar, intervalo de confianza al 95% (IC 95%) y el factor de inflación de la varianza (VIF).

El componente con la mayor estimación fue D-HK (5.68), con un IC 95% entre 5.06 y 6.29, lo que indica un efecto relevante y una alta precisión en la respuesta. En contraste, la estimación más baja correspondió a CD (-2.02), con un IC 95% entre -9.14 y 5.10, lo que sugiere una influencia poco clara y una alta variabilidad en su efecto.

Los errores estándar varían entre 0.28 (D-HK) y 4.86 (DE), lo que indica

diferencias en la precisión de las estimaciones. Valores más bajos de error, como en D-HK, sugieren estimaciones más confiables, mientras que valores más altos, como en DE, reflejan una mayor incertidumbre en los datos.

El análisis del VIF muestra posibles problemas de colinealidad en ciertos términos. Componentes como C-HC (37.07) y E-HQ (34.49) presentan valores elevados, lo que sugiere una fuerte relación con otras variables y posibles redundancias en el modelo. En cambio, términos como D-HK (1.58) y BD (2.60) tienen valores bajos, lo que indica menor riesgo de multicolinealidad y mayor independencia entre las variables.

En general, el modelo presenta algunos términos con alta precisión y relevancia, pero también evidencia problemas de multicolinealidad en ciertos predictores, lo que podría afectar la interpretación y estabilidad de las estimaciones.

4.4. Optimización para determinar la formula optima

Para identificar la formulación óptima, se recurrió a la técnica de optimización de respuesta múltiple mediante el software estadístico STA-EASE DESIGNE EXPERT trial v7.0.0. Se aplicó la función de deseabilidad para este propósito, eligiendo las variables relevantes que mostraron significancia durante la producción de las galletas, incluyendo el sabor, polifenoles totales y actividad antioxidante.

A partir de las variables dependientes más relevantes, se buscó determinar el porcentaje adecuado de las harinas de sangrecita, maíz morado, cañihua, kiwicha y quinua que permitiera obtener una galleta con la mayor deseabilidad global.

Tabla 61.

Formulación optimizada de galletas.

Harinas	%
Harina de sangrecita	15
Harina de maíz morado	25
Harina de cañihua	19.991
Harina de kiwicha	20.009
Harina de quinua	20

La formulación optimizada de galletas se desarrolla a partir de una combinación estratégica de harinas altamente nutritivas, con el objetivo de mejorar el valor proteico, el contenido de micronutrientes y las propiedades funcionales del producto final. La mezcla incluye 15 % de harina de sangrecita, una fuente rica en hierro y proteínas de alto valor biológico; 25 % de harina de maíz morado, destacada por su alto contenido de antioxidantes como las antocianinas; 19.991 % de harina de cañihua, apreciada por su elevado contenido de aminoácidos esenciales y fibra; 20.009 % de harina de kiwicha, conocida por su excelente perfil proteico y su riqueza en calcio

y hierro; y 20 % de harina de quinua, reconocida por su balance de aminoácidos esenciales y su contenido en ácidos grasos saludables. Esta formulación busca no solo mejorar las características organolépticas de las galletas, sino también potenciar su aporte nutricional, convirtiéndolas en una opción funcional y saludable para el consumo.

4.5. Caracterización de la formula optima

4.5.1. Composición proximal

Tras definir la formulación óptima para cumplir con los parámetros establecidos en relación al sabor, polifenoles totales y actividad antioxidante de las galletas, se procedió a analizar la composición proximal de la formulación optima.

Tabla 62.

Composición proximal de la galleta optima (100g en base seca).

Composición	Galleta Optima
Energía (kcal)	422.23
Humedad (%)	1.80 ± 0.05
Grasas (%)	20.75 ± 0.62
Proteína (%)	17.10 ± 0.51
Cenizas (%)	2.09 ± 0.06
Fibra (%)	16.49 ± 0.49
Carbohidratos (%)	41.77

La Tabla 62 presenta la composición proximal de la galleta óptima por cada 100 gramos en base seca, destacando un aporte energético de 422.23 kcal. Su contenido de macronutrientes se distribuye en 41.77% de carbohidratos, 20.75% de grasas y 17.10% de proteínas, mientras que también contiene 16.49% de fibra, 2.09% de cenizas y un 1.80% de humedad. Estos valores reflejan un producto con un equilibrio nutricional adecuado, alto en fibra y proteínas, lo que podría contribuir a su valor funcional y atractivo como opción nutritiva.

V. CONCLUSIONES

- Es tecnológicamente posible elaborar galletas dulces a base de sangrecita, harina de maíz morado y cereales andinos con la finalidad de mejoras nutricionales y sensoriales.

- La composición química proximal de la harina de sangrecita para la elaboración de galletas fue: Humedad (9.69 %), Cenizas (2.94 %), Grasa (1.38 %), Proteínas (8.66 %). La composición química proximal de la harina de maíz morado para la elaboración de galletas fue: Humedad (8.24 %), Cenizas (0.44 %), Grasa (4.80 % Proteínas (9.97 %). La composición química proximal de la harina de cañihua para la elaboración de galletas fue: Humedad (8.88 %), Cenizas (1.32 %), Grasa (5.82 % Proteínas (15.72 %). La composición química proximal de la harina de kiwicha para la elaboración de galletas fue: Humedad (10.89 %), Cenizas (2.32 %), Grasa (3.72 % Proteínas (14.50 %). La composición química proximal de la harina de quinua para la elaboración de galletas fue: Humedad (11.39 %), Cenizas (3.98%), Grasa (2.50 %) Proteínas (15.03 %).

- Se evaluó utilizando un diseño de mezclas D-Optimal, las variables dependientes evaluadas fueron dureza, colorimetría, polifenoles y actividad antioxidante. Estos sirvieron para determinar la mezcla óptima de las harinas en las siguientes proporciones 15 % de harina de sangrecita, 25 % de harina de maíz morado, 19.991 % de harina de cañihua, 20.009 %de harina de kiwicha y 20 % de harina de quinua.

VI. RECOMENDACIONES

- En el proceso de la producción de galletas, se aconseja seguir buenas prácticas de manufactura (BPM) con el fin de prevenir posibles contaminaciones, tanto de origen microbiológico como por presencia de elementos extraños.
- Dado que la producción y consumo de maíz morado son significativos en el departamento, se plantea que los resultados de la investigación actual se utilicen como punto de partida para una forma alternativa para la población en general e incentive a consumirla en diferentes aspectos, lo que podría mejorar la economía.
- Debido a los resultados positivos obtenidos en la investigación, se propone explorar la posibilidad de experimentar con otros tipos de insumos parecidos a los que se usó en la presente investigación, con el objetivo de igualar o superar las características nutricionales, buscando constantemente mejorar la calidad de las galletas.
- A fin de asegurar la calidad y durabilidad del producto final, se aconseja envasar las galletas en un recipiente que proteja contra los efectos de la humedad, la luz solar y las plagas que podrían afectar el producto.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Al-kassab-Córdova, A., Méndez-Guerra, C., & Robles-Valcarcel, P. (2020). Factores sociodemográficos y Nutricionales Asociados a anemia en niños de 1 a 5 años en Perú. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 925–932. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000600925>
- Almora-Hernández, E., Barrios, L., Monteagudo-Borges, R., Lago-Abascal, V., Leon, G., & Rodríguez, E. (2021). Evaluación sensorial de Galletas de arroz integral suplementadas con stevia y moringa. *Peruvian Agricultural Research*, 3(2). <https://doi.org/10.51431/par.v3i2.705>
- Alvines, E., & Neil, J. D. (2021). *Separación de compuestos bioactivos a partir de maíz morado: Una revisión* [Tesis de grado, Universidad Nacional De Frontera – Sullana]. Repositorio UNF: <http://repositorio.unf.edu.pe/handle/UNF/102>
- Andrade, C. K. (2022). Efecto de fuentes orgánicas en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo, en Lima, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, 4(1). <https://doi.org/10.51431/par.v4i1.757>
- Aquino Canchari, C. (2021). Anemia infantil en el Perú: un problema aún no resuelto. *Revista Cubana de Pediatría*, 93(1). <https://revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/924>
- Apace Davila, B. (2022). *Efecto del germinado en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos del grano del maíz morado (Zea mayz L.)* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH: <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5377>
- Arcaya Moncada, M. J., García Arias, G. F., Coras Bendejú, D. M., Chávez Camacho, C. V., Poquioma Urguía, G., & Quispe Díaz, B. M. (2020). Efecto de la ingesta de galletas fortificadas con sangre bovina en hemoglobina de niños anémicos. *Revista Cubana de Enfermería*, 36(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192020000300010&lng=es&tlng=es
- Avila Nuñez, P., & Vigo Zavaleta, W. Y. (2021). *Elaboración, aceptabilidad y efecto de las galletas enriquecidas con sangre de pollo, Spirulina (Arthrospira máxima) y quinua negra (Chenopodium petiolare) sobre los niveles de hemoglobina de los escolares del colegio N° 20857–Vegüeta 2018* [Tesis

de grado, Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión].
Repositorio UNJFSC: <http://hdl.handle.net/20.500.14067/4667>

Barcia-Menéndez, C. R., Livicota-Talledo, M. N., & Loor-Chávez, M. A. (2023). Anemia ferropénica y desnutrición proteico energética. *MQRInvestigar*, 7(3), 1511–1529.
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.1511-1529>

Becerra Bulla, F., Poveda Espinosa, E., & Vargas Zarate, M. (2021). El hierro en la alimentación complementaria del niño lactante: una revisión. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 23(1), 85-97.
<https://doi.org/10.17533/udea.penh.v23n1a07>

Begnini Domínguez, L. F. (2023). Alimentación saludable en niños, niñas y adolescentes. *RECIAMUC*, 7(1), 887-892.
[https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(1\).enero.2023.887-892](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(1).enero.2023.887-892)

Benítez-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., González-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V. E., Puga-Díaz, R., & Quintero-Gutiérrez, A. G. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>

Blanco Blasco, T., Alvarado-Ortiz Ureta, C., & Muñoz Jáuregui, A. M. (2022). Evaluación de la composición nutricional de la maca y cañihua, procedente de diversos departamentos del Perú. *Horizonte Médico (Lima)*, 3(1/2).
<https://www.horizontemedico.usmp.edu.pe/index.php/horizontemed/article/view/2013>

Briceño, H., Alvarez, L. M., & Valverde, A. (2020). Efecto del riego por goteo en el rendimiento y contenido de antocianinas en cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.). *Manglar: Revista de Investigación Científica*, 17(3), 221-226.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8104181>

Calderón Surita, J. M., Gonzales Cano, M. A., Ortiz Coronado, G. G., Saenz Moquillaza, J. R., & Sevilla Becerra, J. P. G. (2022). *Diseño de una planta de producción de galletas a base de harina de Cañihua en la provincia de Ayabaca* [Tesis de grado, Universidad de Piura].

Repositorio PIRHUA: <https://hdl.handle.net/11042/5406>

Casanave Zevallos, M. D. C., & Ruiz Chocano, R. A. (2022). *Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua* [Tesis de maestría, Universidad Femenina del Sagrado Corazón]. Repositorio Institucional UNIFÉ: <http://hdl.handle.net/20.500.11955/964>

Casella, G., Villanacci, V., Di Bella, C., Bassotti, G., Bold, J., & Rostami, K. (2018). Non celiac gluten sensitivity and diagnostic challenges. *Gastroenterology and hepatology from bed to bench*, 11(3), 197–202. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30013742/>

Cerda Gómez, J. M. (2023). *“Efecto de la proporción de grenetina, harina de sangre de pollo y pulpa de camu (Myrciaria gubia HBK Mc Vaugh) en el contenido de hierro y características sensoriales en gomitas* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5515>

Chonlon Escudero, H., & Dávila Hurtado, F. J. (2024). *Preparación de Harina de Cañihua* [Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/14353>

Condori, M. B., Aro, J. M., Muñoz Cáceres, A. E., & Rodríguez Mendoza, J. (2020). Determinación de antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de (*Muehlenbeckia volcanica*). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 161-169. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.604>

Cristianini, M., & Guillén Sánchez, J. S. (2020). Extraction of bioactive compounds from purple corn using emerging technologies: A review. *Journal of Food Science*, 85(4), 862–869. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15074>

Cueva Cobeñas, N. D., & Salvador, K. S. (2022). *Elaboración de galletas de trigo (Triticum aestivum), KIWICHA (Amaranthus caudatus) y sangre de pollo*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Callao] Repositorio Institucional Digital: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/7008>

Cuevas-Nasu, L., Muñoz-Espinosa, A., Shamah-Levy, T., García-Feregrino, R.,

- Gómez-Acosta, L. M., Ávila-Arcos, M. A., & Rivera-Dommarco, J. A. (2023). Estado de nutrición de niñas y niños menores de cinco años en México. Ensanut 2022. *Salud Pública De México*, 65, s211-s217. <https://doi.org/10.21149/14799>
- Delgado Correa, S. H., Sanchez Cardozo, R. L., & Uriarte Arce, S. M. B. (2020). *Plan de negocio para la implementación de una nueva empresa productora y comercializadora de galletas de Cañihua* [Tesis doctoral, Escuela de Educación Superior Tecnológica Privada " Zegel IPAE"] Repositorio Zegel IPAE: <http://repositorio.zegelpae.edu.pe/handle/20.500.13065/70>
- Dorelo, R., Méndez, D., Oricchio, M., & Olano, C. (2021, June). Anemia e patologia digestiva. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 8, No. 1). <https://doi.org/10.25184/anfamed2021v8n1a4>
- Escobar Ccanto, N., Huamani Espinoza, A., & Marcos Palacios, L. S. (2024). *Relación entre el nivel de conocimiento de las madres sobre alimentación complementaria y la anemia ferropénica en lactantes de 06 a 12 meses en el Centro de Salud Aclas Huancan-Huancan, 2024* [Tesis de grado, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/16005>
- Escobar, M., & Rodríguez, Á. (2020). Evaluación del efecto de la albahaca (*ocimum basilicum*) y el orégano (*origanum vulgare*) en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso blanco llanero. *Revista Alfa*, 4(11), 113-134. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i11.75>
- Espinoza Prado, E. C. (2023). *Optimización en el procesamiento de mousse nutricional a base de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), aguaymanto (*Physalis peruviana*) y bazo de res* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Barranca]. Repositorio UNAB: <https://hdl.handle.net/20.500.12935/203>
- Espinola-Sánchez, M., Sanca-Valeriano, S., & Ormeño-Julca, A. (2021). Factores Sociales y Demográficos Asociados a la anemia en mujeres embarazada en Perú. *Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología*, 86(2), 192–201. <https://doi.org/10.4067/s0717-75262021000200192>
- Egusquiza Cárdenas, F. J. (2023). *Evaluación de galletas libres de gluten elaboradas a partir de diferentes porcentajes de harinas de Musa paradisiaca L. “banano”, Zea mays L. “maíz” y Prosopis pallida Humb y Bonpl*

“algarroba”, *Chulucanas* [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/2090>

- Ferron, L., Colombo, R., Mannucci, B., & Papetti, A. (2020). A new Italian purple corn variety (Moradyn) byproduct extract: Antiglycative and hypoglycemic in vitro activities and preliminary bioaccessibility studies. *Molecules*, 25(8), 1958. <https://doi.org/10.3390/molecules25081958>
- Flores Pacheco, N. F., & Carbonelli Mosqueira, Z. (2022). Microorganismos eficientes en la producción del maíz morado (*Zea mays* L.). *Micaela Revista de Investigación-UNAMBA*, 3(1), 39-44. <https://doi.org/10.57166/micaela.v3.n1.2022.76>
- García Siu, M. W. (2023). *Efecto de la adición integrada de un extracto de coronta de maíz morado (Zea mays L.) obtenido mediante extracción con líquidos calientes presurizados sobre el contenido de contaminantes neoformados en galletas saladas* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio UC: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/66675>
- Gaspar Alvarado, S., Luna Figuero, A., & Carcelén Reluz, C. (2022). Anemia en madres adolescentes y su relación con el control prenatal. *Revista Cubana de Pediatría*, 94(3). <https://revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/1931/1053>
- Gonzales, G. F., & Suarez Moreno, V. J. (2024). Niveles de hemoglobina para la determinación de la anemia: nueva guía de la Organización Mundial de la Salud y adecuación de la norma nacional. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 41, 102-104. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2024.412.13894>
- Gomez Rutti, Y. Y., León Lizama, R. D., Anton Huiman, J. C., Rosas Choo, C. B., & Vidal Huamán, F. G. (2023). Conocimientos sobre nutrición en universidades públicas y privadas, Lima- Perú. *Nutrición Clínica Y Dietética Hospitalaria*, 43(2). <https://doi.org/10.12873/432gomez>
- Gullón, P., Eibes, G., Lorenzo, J. M., Pérez-Rodríguez, N., Lú-Chau, T. A., & Gullón, B. (2020). Green sustainable process to revalorize purple corn cobs within a biorefinery frame: Co-production of Bioactive extracts. *Science of The Total Environment*, 709, 136236.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136236>

Huanuqueño, H., Zolla, G., & Jimenez, J. (2021). Selección de líneas S1 de maíz morado (*Zea mays* L.) var. reventón basado en el análisis de segregación de caracteres de valor. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 535-543.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.058>

Japón Salazar, Y. E., & Urbano Borja, M. R. (2020). Elaboración de galletas de quinua (*Chenopodium*) enriquecida con amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*). *Código Científico Revista De Investigación*, 1(1), 85–105.

<http://www.revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/view/16>

León Gamboa, D. E., Nicolas Garcia, E. S., & Robles Palomino, S. A. (2023). Nivel de conocimiento sobre anemia y prácticas alimentarias ricas en hierro en madres de niños de 6 meses a 3 años que acuden al servicio de crecimiento y desarrollo en el Centro de Salud Mi Perú, Callao–2022 [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao].

<https://hdl.handle.net/20.500.12952/7666>

Lopez Mendoza, K., & Francisco Haro, K. V. (2018). *Elaboración de galletas dulces enriquecidas con harinas sucedáneas: kiwicha, arroz y ajonjolí* [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Callao]. Repositorio Institucional Digital: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/3443>

Mansilla, P. S., Nazar, M. C., & Pérez, G. T. (2020). Flour functional properties of purple maize (*Zea mays* L.) from Argentina. influence of environmental growing conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 146, 311–319.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.246>

Martinez-Lopez, A., Millan-Linares, M. C., Rodriguez-Martin, N. M., Millan, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*, 65, 103735.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>

Medina-Hoyos, A., Narro-León, L., & Chávez-Cabrera, A. (2020). Purple Corn (*Zea mays* L.) crop in the Peruvian highlands: Adaptation and identification of high-yield and high anthocyanin content cultivars. *Scientia*

- Mendoza-Isaza, N. A., Hoyos-Arbeláez, J. A., & Peláez-Jaramillo, C. A. (2020). Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales de extractos de tallo de *Stevia rebaudiana* en varios modelos in vitro. *Revista EIA*, 17(34), 53-61. <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1282>
- Minaya Agüero, C. del P., & Huatuco Lozano, M. M. (2021). Galletas de chocolate enriquecidas con una mezcla de bazo de res y sangre de pollo para prevenir la anemia. *TAYACAJA*, 4(1), 114–121. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i1.157>
- Mori Culqui, P. L., & Chavez Quintana, S. G. (2021). Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao* L.) crudo. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 266-273. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.331>
- Ñacata Oña, E. M. (2022). *Evaluación de las propiedades físico químicas y microbiológicas de galletas dulces enriquecidas con lactosuero* [Tesis de bachiller, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8737>
- Panduro Diaz, K. P., & Paima Pinchi, K. L. (2023). *Nivel de Conocimiento de las madres sobre Alimentación Complementaria asociada a la Anemia Ferropénica en niños de 6 a 12 meses del Centro de salud Túpac Amaru, distrito de Callería-Región Ucayali, 2021* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/6348>
- Paredes Erquinigo, J. Y. (2021). *Elaboración de las galletas nutritivas libres de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), lactosuero y almidón de papa (*Solanum tuberosum*)* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Juliaca]. <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/166>
- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021). Análisis de Antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>

- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2022). Cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(3), 381-392. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
- Ramos Llico, S. L. (2024). *Efecto de los campos magnéticos en el contenido de antocianinas y rendimiento del maíz morado, Inia 601 (Zea mays L.)* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7453>
- Rodriguez, J. P., Jacobsen, S.-E., Andreasen, C., & Sørensen, M. (2020). Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*): A promising new crop for arid areas. *Environment & Policy*, 221–243. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90472-6_9
- Rodriguez, Y. C., Coral, K. A., & Menacho, L. M. P. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8541575>
- Rodríguez-Pérez, G., García-Ramírez, A., Reynaga-Franco, F. de, Mendivil-Mendoza, J. E., & Ochoa Meza, A. R. (2023). Índices de selección entre caracteres agronómicos y químicos en híbridos de Maíz Morado (*Zea mays L.*) en el Sur de Sonora, México. *Anales Científicos*, 84(1), 33–53. <https://doi.org/10.21704/ac.v84i1.1981>
- Rodríguez-González, I., Benavides-Guevara, R. M., Jurado, B. K., Marulanda, M., & Zuluaga-Domínguez, C. M. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con trigo, avena y quinoa. *Ingeniería y competitividad*, 25(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11242>
- Salinas-Moreno, Y., Esquivel-Esquivel, G., Ramírez-Díaz, J. L., Alemán-de la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., & Santillán-Fernández, A. (2021). Selección de germoplasma de maíz morado (*Zea mays L.*) con potencial para extracción de pigmentos. *Revista fitotecnica mexicana*, 44(3), 309-321. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.309>
- Salvador-Reyes, R., & Clerici, M. T. P. S. (2020). Peruvian Andean maize: General

- characteristics, nutritional properties, bioactive compounds, and culinary uses. *Food Research International*, 130, 108934. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2019.108934>
- Sánchez, E. R., & Castro Vargas, D. J. (2023). Extracción y Cuantificación de Antocianinas de Maíz Morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(8), 47–80. <https://doi.org/10.38186/difcie.58.04>
- Sánchez, E. R., & Vargas, D. J. C. (2023). Extracción y Cuantificación de Antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(8), 47-80. <https://doi.org/10.38186/difcie.58.04>
- Santamaría, A., & Losa, F. (2020). La anemia ferropénica: un problema mundial infravalorado e infradiagnosticado con fácil tratamiento, especialmente en mujeres. *Toko Ginecología Práctica*, 768. <https://www.ginecarefmc.com/index.php/2020/07/22/ferropenias/>
- Taco, R. E. P., Pando, L. R. G., & Otidian, A. M. J. (2020). Sostenibilidad ambiental de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los valles interandinos del Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-17. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1309
- Ul-Allah, S., Ijaz, M., Nawaz, A., Sattar, A., Sher, A., Naeem, M., Shahzad, U., Farooq, U., Nawaz, F., & Mahmood, K. (2020). Potassium application improves grain yield and alleviates drought susceptibility in diverse maize hybrids. *Plants*, 9(1), 75. <https://doi.org/10.3390/plants9010075>
- Valvas, R. L. M., Gómez-Pando, L., & Taco, R. P. (2021). Caracterización de las unidades productivas del cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en las provincias de Yungay, Huaylas y Carhuaz, en el departamento de Áncash, Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), 1-20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7942573>
- Valverde Espinoza, E. B., & Mascoco Tamariz, G. A. (2021). *Galletas de quinua con manjar de sangrecita para preescolares con desnutrición aguda de la Asociación El Mirador De Santa María-2018* [Tesis de grado,

Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión]. Repositorio UNJFSC: <http://hdl.handle.net/20.500.14067/5057>

Vidal Figueroa, E. D. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de harina de trigo enriquecida con hierro y proteínas en polvo proveniente de la sangre de pollo* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19444>

Vilcacundo Chamorro, E. M. (2023). *Condiciones de germinación para potenciar la acumulación de compuestos bioactivos de maíz morado (Zea mays L.) cultivado en Ecuador* [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba]. Repositorio Doctoral UCO: <http://hdl.handle.net/10396/25349>

ANEXOS

Anexo 1.

Proceso de obtención de la harina de la sangre de pollo.



Anexo 01.1

Recepción y secado de la sangre de pollo



Anexo 01.2

Molienda de la sangre de pollo



Anexo 01.3

Tamizado de la sangre de pollo



Anexo 01.4

Pesado de la sangre de pollo

Anexo 2.

Proceso de obtención de la harina de maíz morado.



Anexo 02.1

Recepción y secado del maíz morado



Anexo 02.3

Molienda del maíz morado



Anexo 02.3

Tamizado del maíz morado



Anexo 02.4

Pesado del maíz morado

Anexo 3.

Proceso de obtención de la harina de cañihua.



Anexo 03.1

Recepción y secado de la cañihua



Anexo 03.2

Molienda de la cañihua



Anexo 03.3

Tamizado de la cañihua



Anexo 03.4

Pesado de la cañihua

Anexo 4.

Proceso de obtención de la harina de kiwicha.



Anexo 04.1

Recepción y secado de la kiwicha



Anexo 04.2

Molienda de la kiwicha



Anexo 04.3

Tamizado de la kiwicha



Anexo 04.4

Pesado de la kiwicha

Anexo 5.

Proceso de obtención de la harina de quinua.



Anexo 05.1

Recepción y secado de la quinua



Anexo 05.2

Molienda de la quinua



Anexo 05.3

Tamizado de la quinua



Anexo 05.4

Pesado de la quinua

Anexo 6.

Elaboración de la galleta.



Anexo 06.1

*Recepción de los ingredientes y materias
primas*



Anexo 06.2

Cremado de la manteca y azúcar



Anexo 06.3

Pesado de los ingredientes



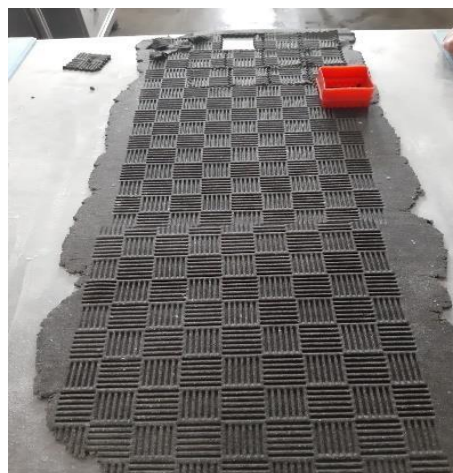
Anexo 06.4

Tamizado de las harinas



Anexo 06.5

Mezclado del cremado con las harinas



Anexo 06.6

Laminado de la masa de galleta



Anexo 06.7

Homogenización de los ingredientes



Anexo 06.8

Acondicionamiento de las galletas



Anexo 06.9

Cocción de las galletas



Anexo 06.10

Enfriamiento de las galletas



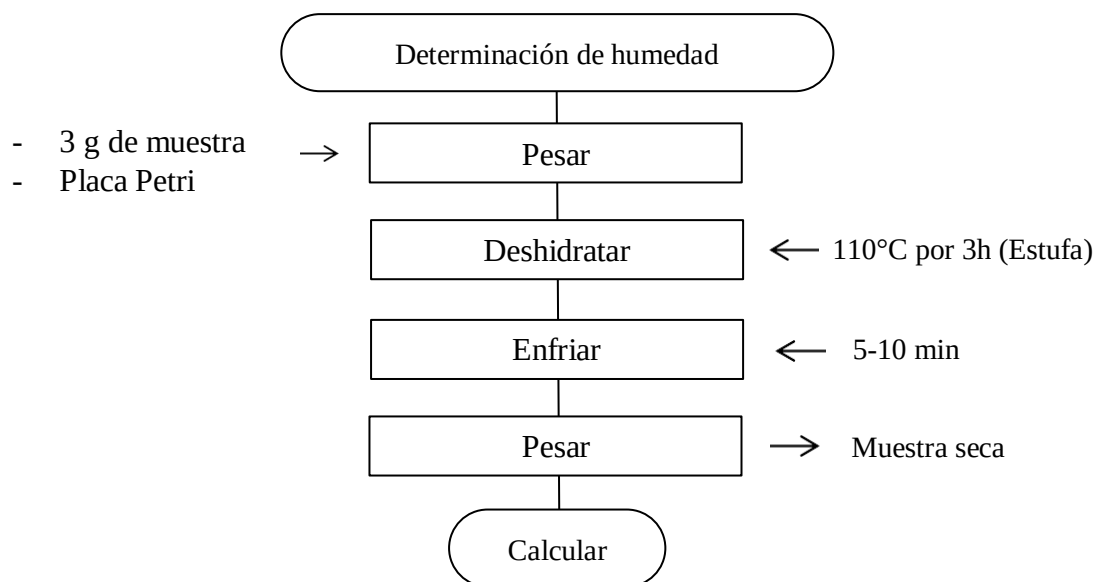
Anexo 06.11

Almacenamiento de las galletas

Anexo 7.

Caracterización proximal de las materias primas y galletas.

- Determinación de Humedad



Anexo 8.

Diagrama de flujo de la determinación de contenido de humedad.

Formula:

$$\%Humedad = \frac{P1 - P2}{m} * 100$$

Donde:

- P1 = Peso de la placa más muestra
- P2 = Peso de la placa más muestra seca
- m = Peso de la muestra



Anexo 08.1

Pesado de placa Petri



Anexo 08.2

Deshidratación de muestras en estufa



Anexo 08.3

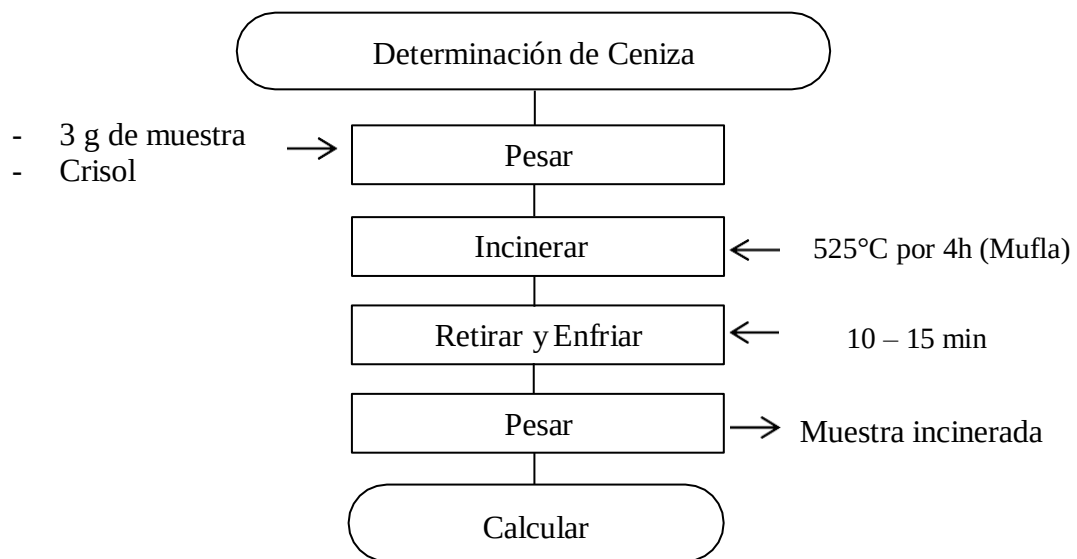
Pesado de muestra para humedad



Anexo 08.4

Enfriado de muestras deshidratadas

- **Determinación de Ceniza**



Anexo 9.

Diagrama de flujo de la determinación de contenido de Ceniza.

Formula:

$$\%Ceniza = \frac{P1 - Po}{m} * 100$$

Donde:

- P1 = Peso del crisol más muestra
- Po = Peso del crisol
- m = Peso de la muestra



Anexo 09.1

Pesado de crisol



Anexo 09.2

Incineración de muestras en horno de mufla



Anexo 09.3

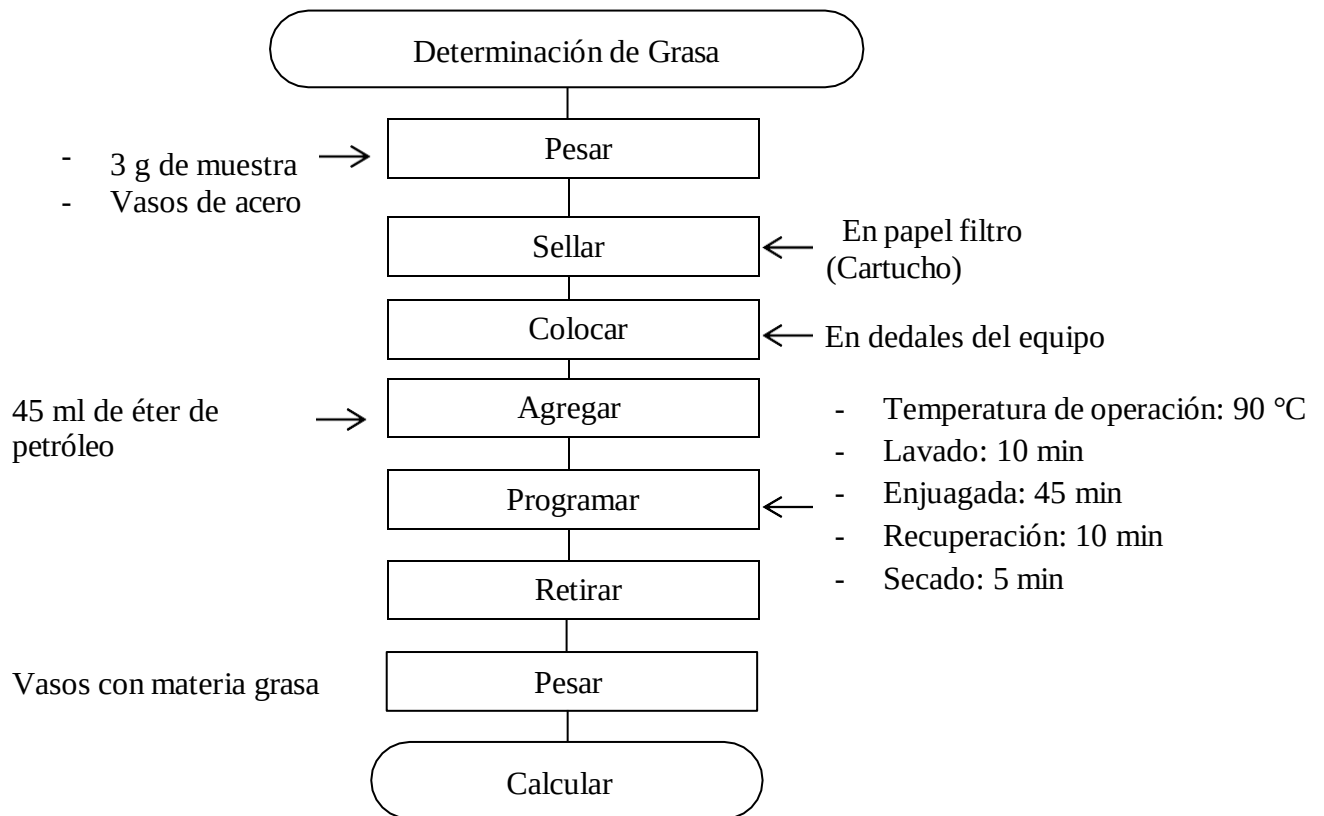
Pesado de muestra para ceniza



Anexo 09.4

*Determinación de ceniza de las materias
primas*

- **Determinación de Grasa**



Anexo 10.

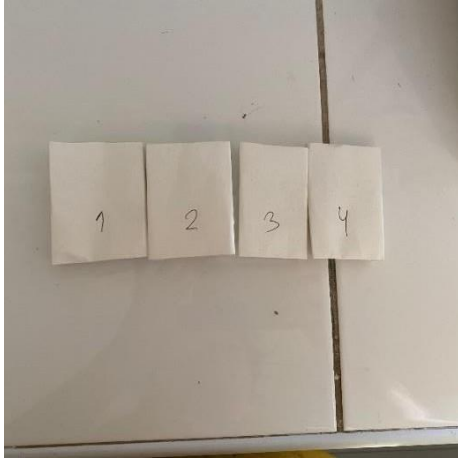
Diagrama de flujo de la determinación de contenido de Grasa.

Formula:

$$\%Grasa = \frac{Pvg - Pv}{m} * 100$$

Donde:

- Pvg = Peso del vaso con grasa
- Pv= Peso del vaso
- m = Peso de la muestra



Anexo 10.1

*Preparación de cartuchos de papel filtro
y pesado de muestra*



Anexo 10.2

*Colocación de cartuchos en unidad de
extracción Soxtec*



Anexo 10.3

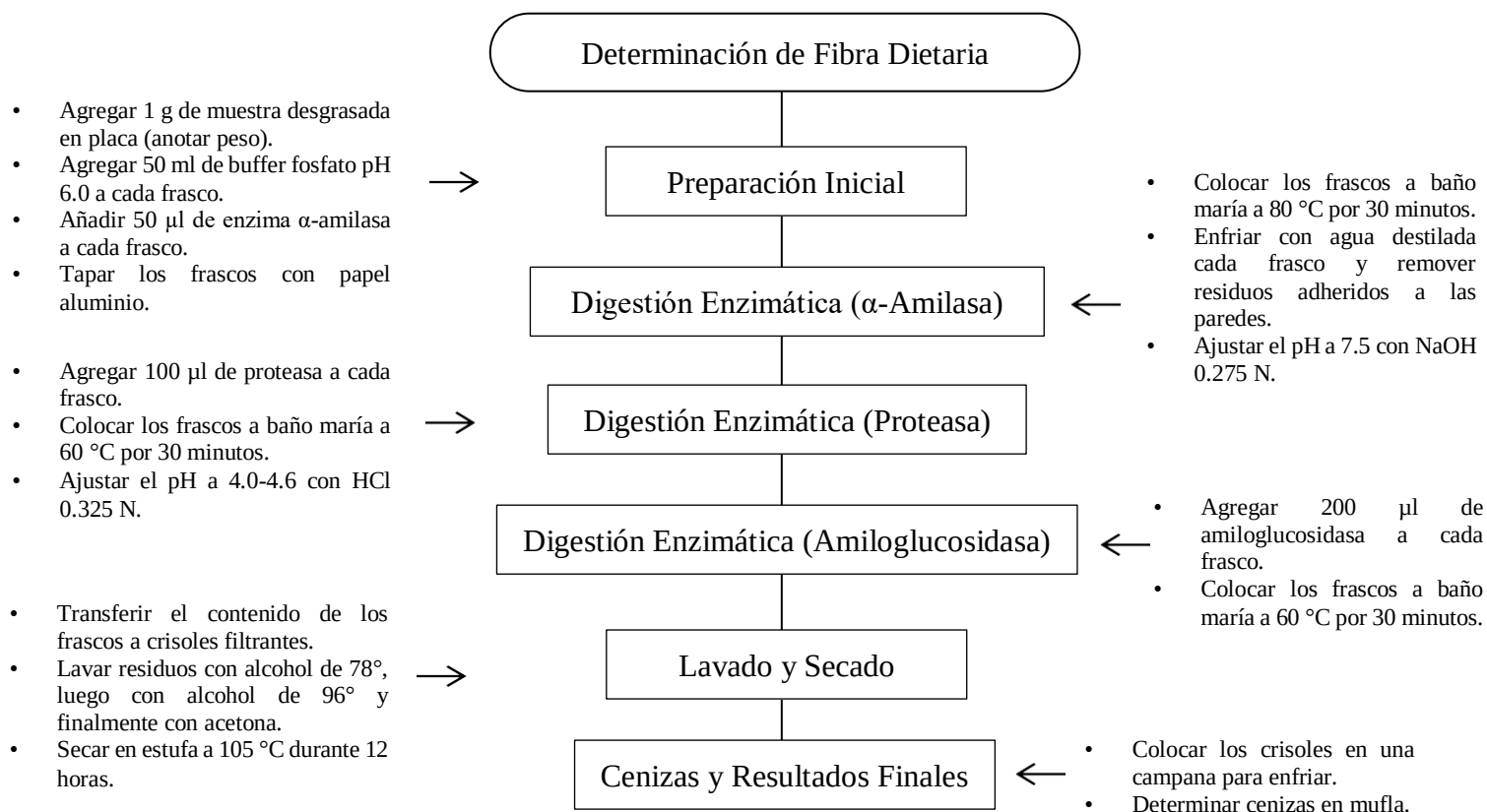
Pesado de depósitos de metal



Anexo 10.4

Extracción de grasas de la muestra

- Determinación de Fibra Dietaria



Anexo 11.

Diagrama de flujo de la determinación de contenido de Grasa.

Formula:

$$\%Fibra = \frac{Pvf - Pv}{m} \times 100$$

Donde:

Pvf: Peso del vaso con fibra.

Pv: Peso del vaso vacío.

m: Peso de la muestra.



Anexo 11.1

Pesado de las muestras en una balanza.



Anexo 11.2

Preparación de los reactivos para la determinación de la fibra dietaria.



Anexo 11.3

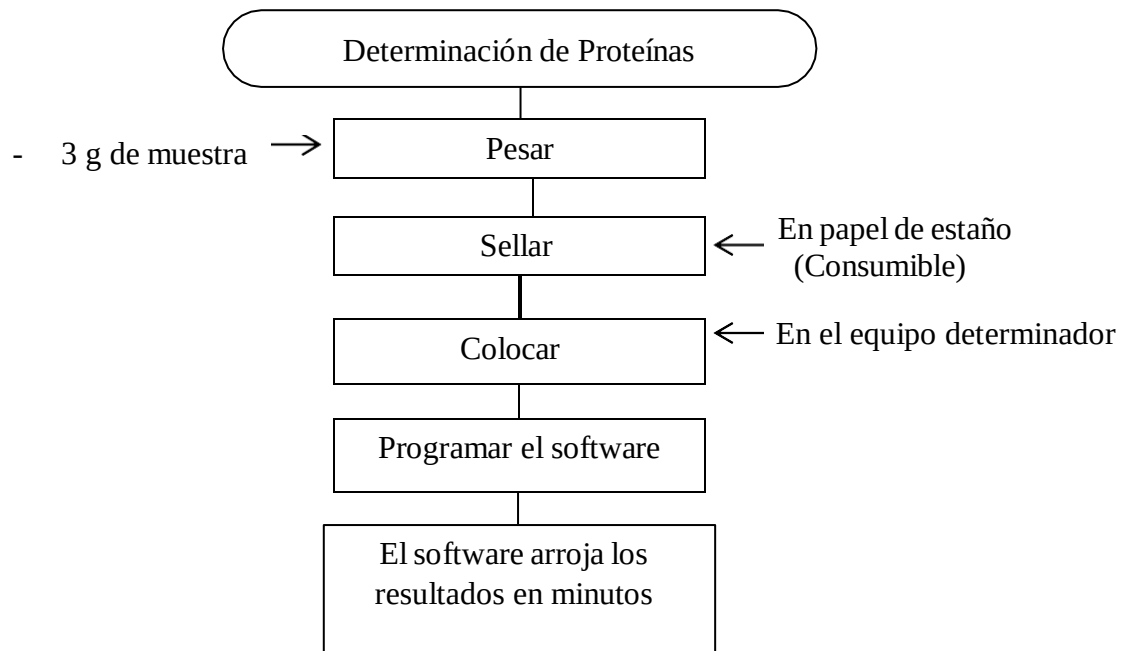
Rotulados de los reactivos para la determinación de la fibra dietaria.



Anexo 11.4

Colocación de frascos en baño maría.

Determinación de Proteínas



Anexo 12.

Diagrama de flujo de la determinación de contenido de Proteínas.

Formula:

$$\% \text{ Proteínas} = \% \text{N} * \text{Factor de Conversión}$$



Anexo 12.1

Muestras de las 25 formulaciones de galletas



Anexo 12.2

Pesado de muestras con papel de estaño en la balanza analítica



Anexo 12.3

Llenado de las 25 muestras pesadas en el accesorio del equipo determinador



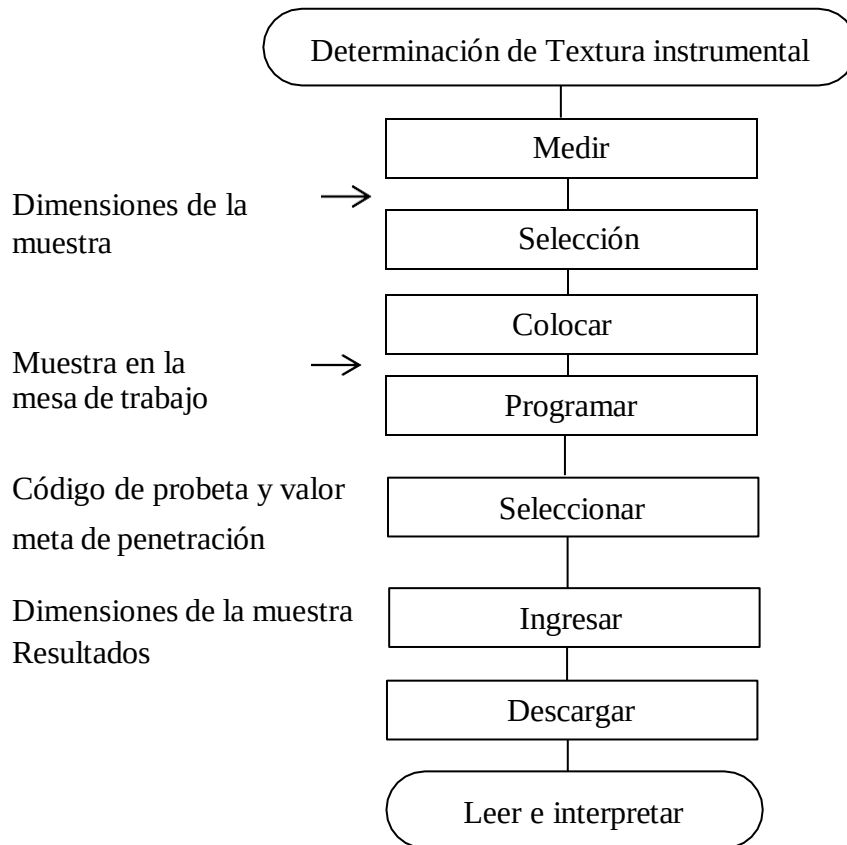
Anexo 12.4

Equipo determinador de proteínas

Anexo 13.

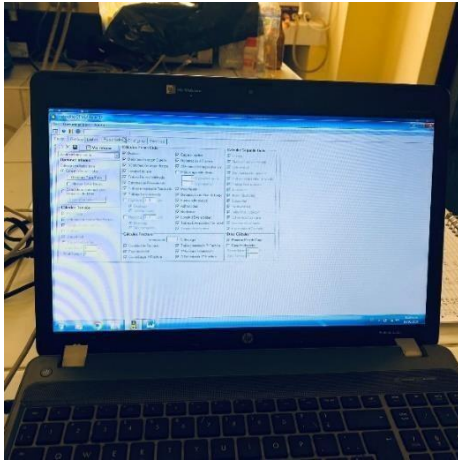
Evaluación de las galletas dulces a base de sangrecita, harina de maíz morado y cereales andinos.

- Textura instrumental



Anexo 14.

Diagrama de flujo de la determinación de textura instrumental.



Anexo 14.1

*Preparación de parámetros y
especificación del Texturómetro*



Anexo 14.2

*Muestras de las 25 formulaciones de
galletas*



Anexo 14.3

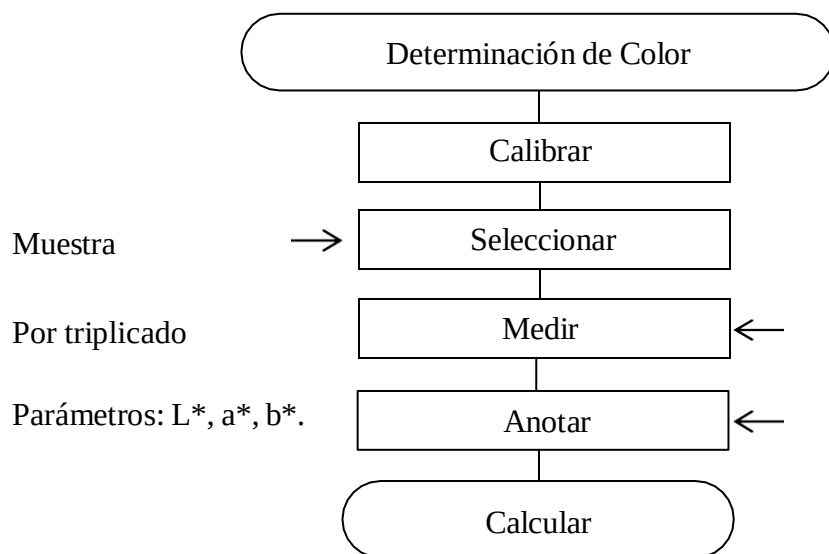
*Colocación de muestra de galleta en
Texturómetro*



Anexo 14.4

Resultados de dureza instrumental

- **Colorimetría**



Anexo 15.

Diagrama de flujo de la determinación de color.

Formula:

$$Cromacidad = (a^2 + b^2)^{-1/2}$$

$$Angulo\ de\ tonalidad = arctg \frac{b^*}{a^*}$$



Anexo 15.1

Muestras de harinas



Anexo 15.2

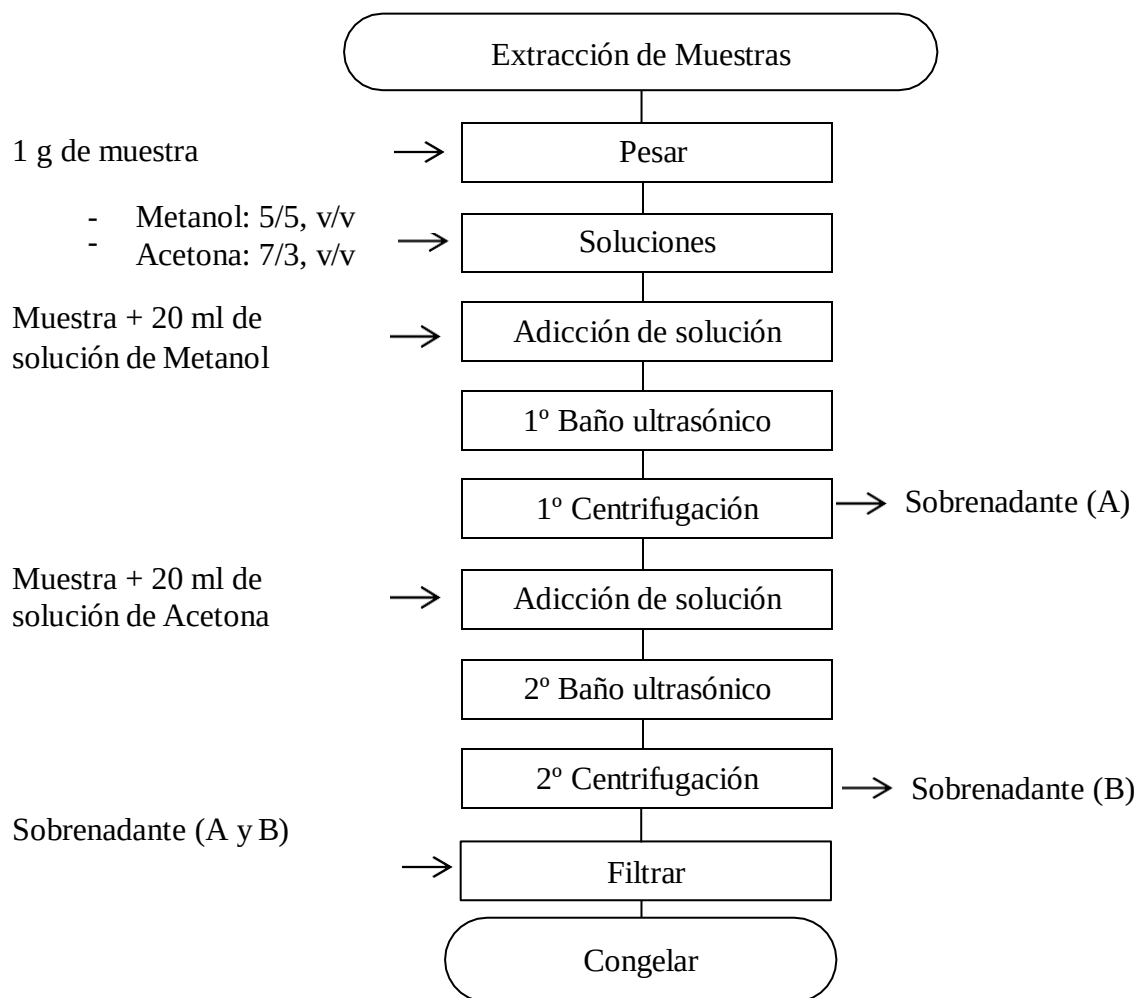
Determinación de color de muestra de harinas



Anexo 15.3

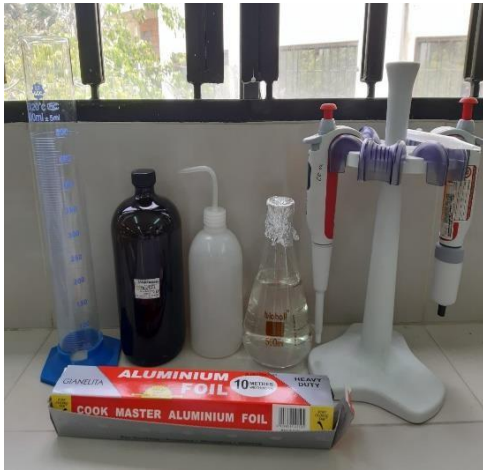
Calibración de equipo colorimétrico

- **Obtención de extracto**



Anexo 16.

Diagrama de flujo de la obtención del extracto.



Anexo 16.1

Materiales, instrumentos y reactivos



Anexo 16.2

*Adición de reactivo de metanol a
muestras de galleta*



Anexo 16.3

Equipo de baño ultrasonico



Anexo 16.4

*Primer Baño ultrasónico para la
extracción de muestras de galleta*



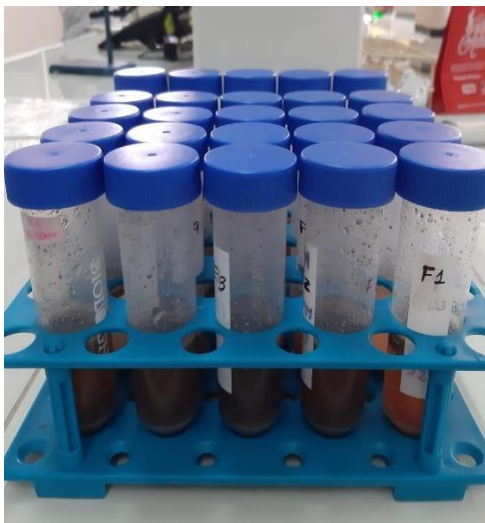
Anexo 16.5

Primera centrifugación para la extracción de las muestras de galleta



Anexo 16.6

Segundo Baño ultrasónico para la extracción de muestras de galleta



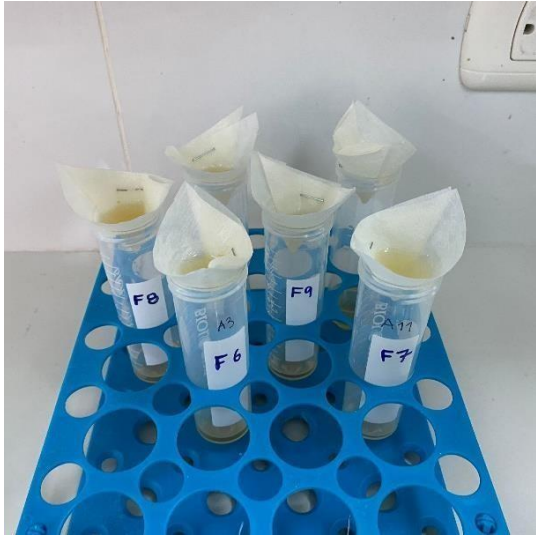
Anexo 16.7

Adicción de reactivo de acetona amuestras de galleta



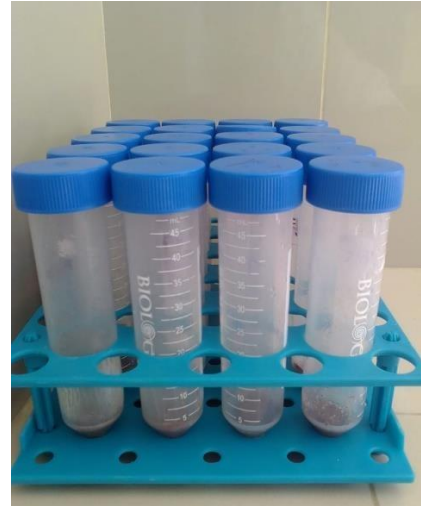
Anexo 16.8

Segunda centrifugación para la extracción de las muestras de galleta



Anexo 16.9

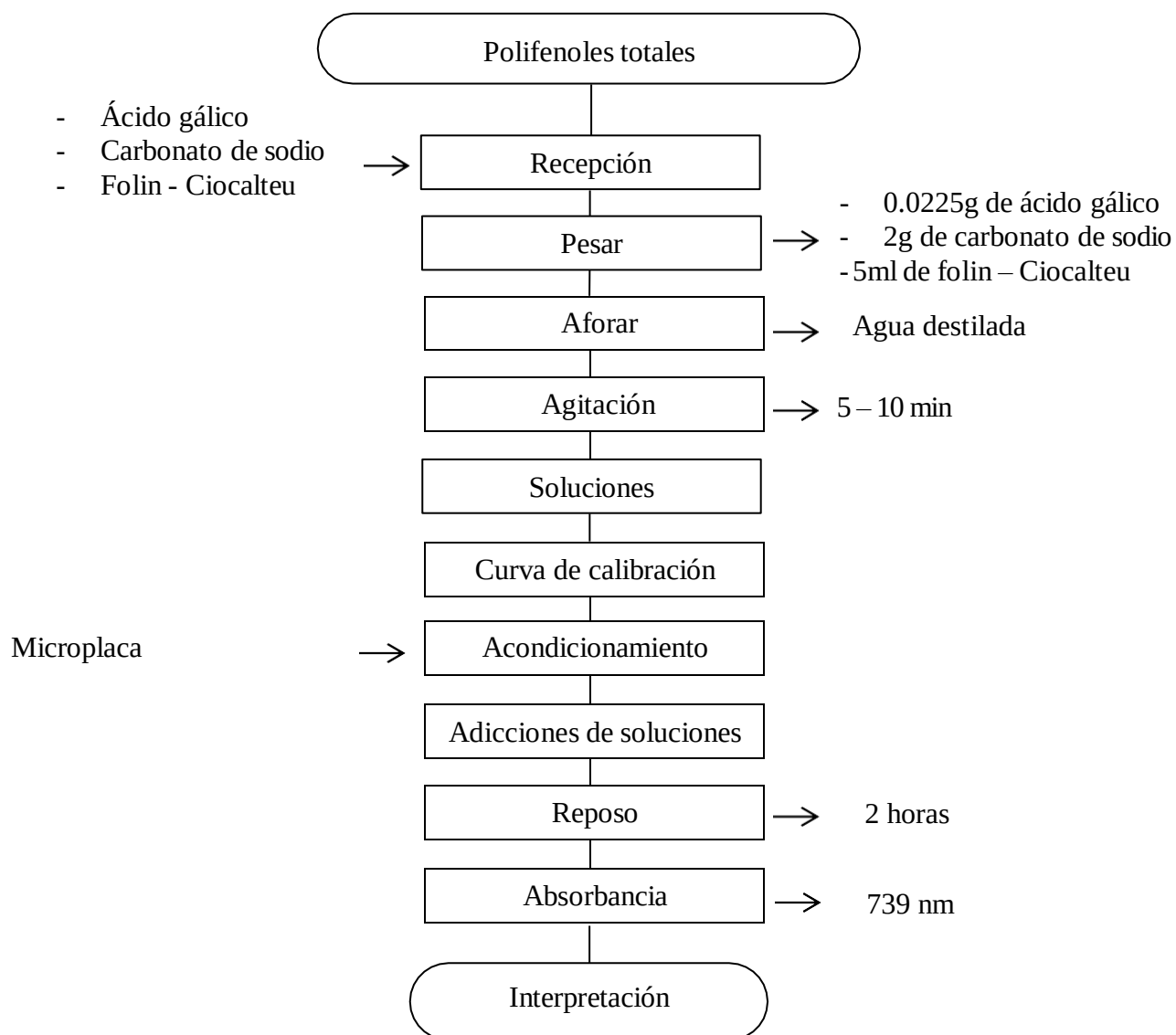
*Filtración de extracto extraído de las
muestras de galleta*



Anexo 16.9

Extracto extraído de las muestras de galletas

- **Polifenoles totales**



Anexo 17.

Diagrama de flujo de la determinación de polifenoles totales.



Anexo 17.1

*Ácido gálico, Carbonato de sodio y Folin -
Ciocalteu*



Anexo 17.2

Agitación de reactivos



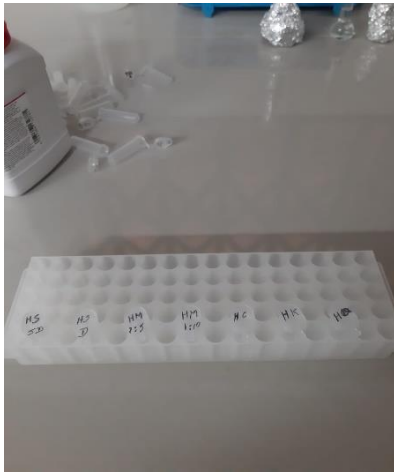
Anexo 17.3

Pesado de reactivos



Anexo 17.4

*Soluciones de Ácido gálico,
Carbonato de sodio y Folin -
Ciocalteu*



Anexo 17.5

Preparación de curva de calibración



Anexo 17.6

Programación de Lector multimodal



Anexo 17.7

*Acondicionamiento de las muestras en la
microplaca*



Anexo 17.8

*Lectura de la microplaca en el lector
multimodal a 739 nm*

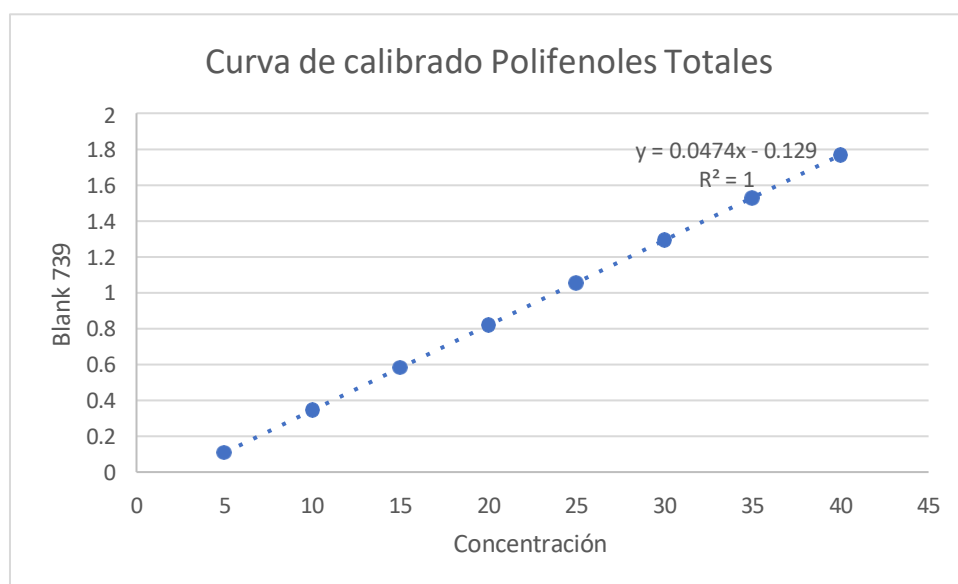
Tubo	Concentración	A.G. (µg/ml)	Absorbancia (739 nm)	BLK 739
	Blanco	-	0,085	-
	1	7,2	0,317	0,232
	2	14,4	0,592	0,507
	3	21,6	0,928	0,843
	4	28,8	1,196	1,111
	5	36	1,406	1,321

Anexo 18.

Tabla de concentraciones y absorbancias de la curva de calibrado para la determinación.

Cálculo del BLK 739

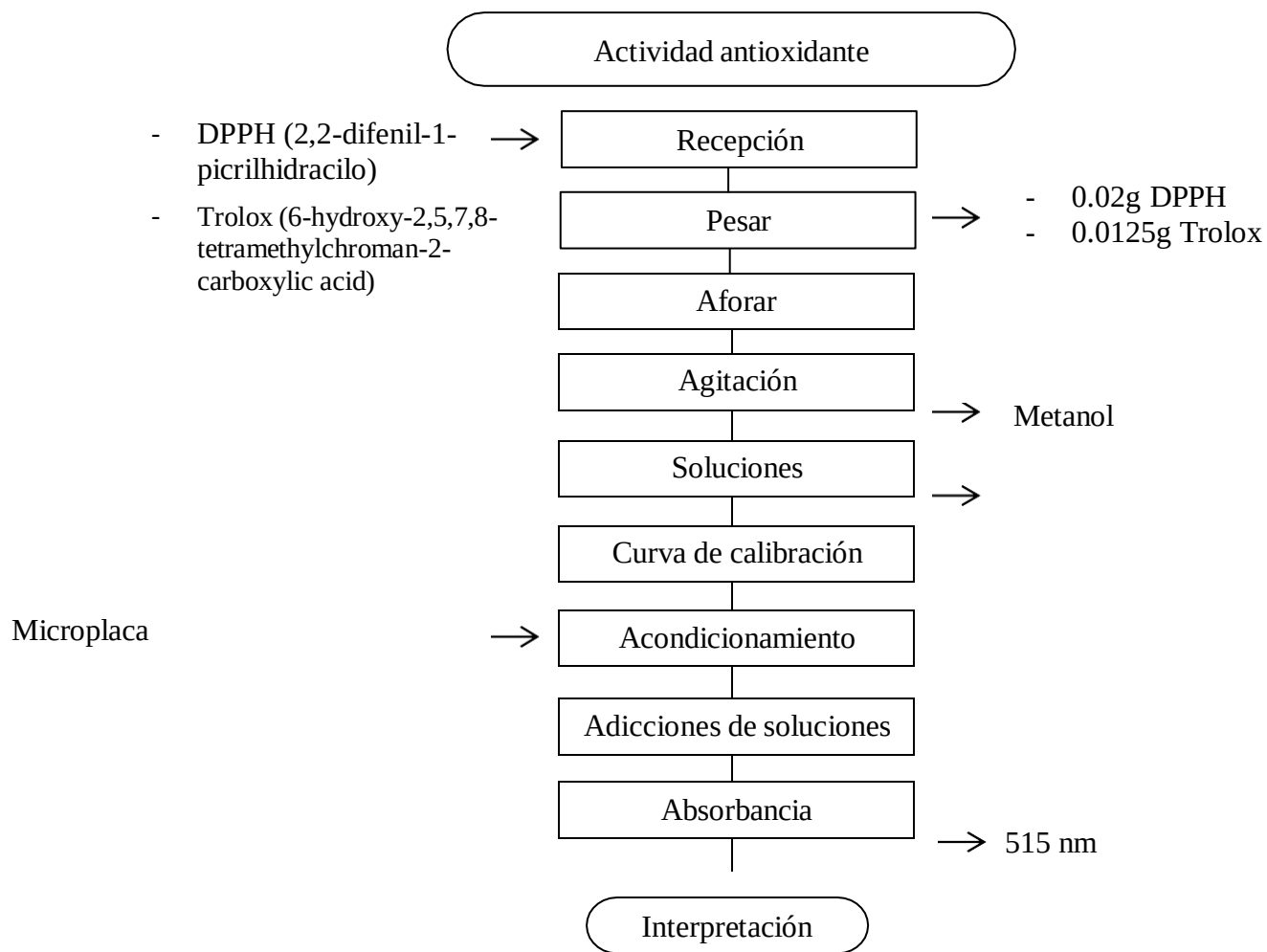
$$BLK\ 739 = Abs_{blanco} - Abs_{Cons\ A.G.}$$



Anexo 19.

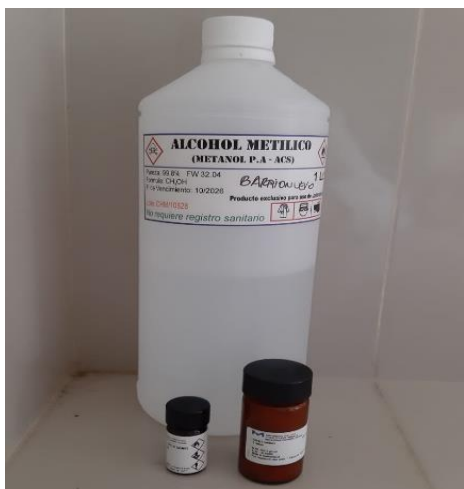
Curva de calibrado para la determinación de polifenoles totales.

- **Actividad antioxidante (DPPH)**



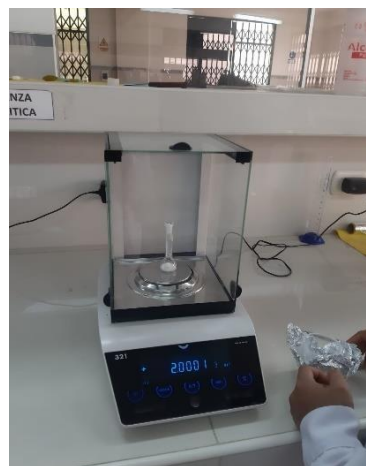
Anexo 20.

Diagrama de flujo de la determinación de polifenoles totales.



Anexo 20.1

Reactivo DPPH y Trolox



Anexo 20.2

Pesado de reactivos



Anexo 20.3

Agitación de soluciones de DPPH y trolox



Anexo 20.4

Soluciones de DPPH y Trolox



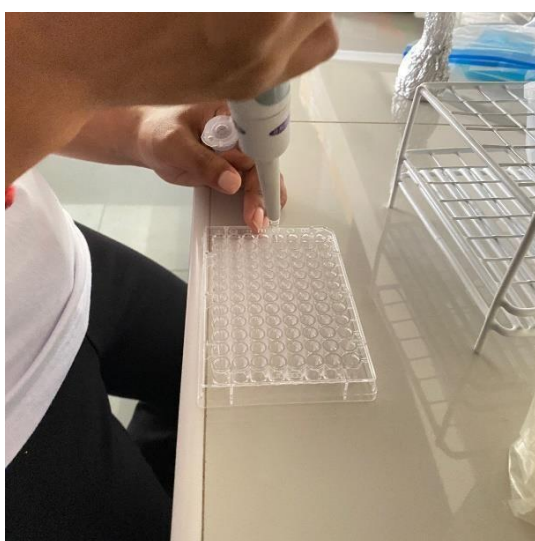
Anexo 20.5

Preparación de curva de calibración



Anexo 20.6

Programación de Lector multimodal



Anexo 20.7

*Acondicionamiento de las muestras en la
microplaca*



Anexo 20.8

*Lectura de la microplaca en el lector
multimodal a 515 nm*

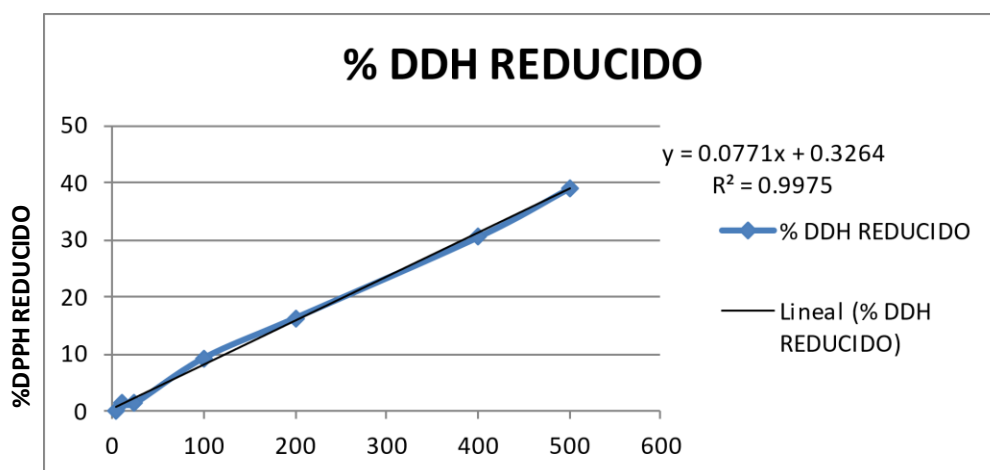
Tubo	Concentración Trolox (μM)	Absorbancia ajustada (515 nm)	%DPPH Reducido
1	500	0,416	48,5785
2	400	0,522	35,4759
3	200	0,601	25,7108
4	100	0,642	20,6428
5	50	0,656	18,9122
6	25	0,526	34,9815
7	10	0,677	16,3164
8	5	0,718	11,2485

Anexo 21.

Tabla de concentraciones y absorbancias de la curva de calibrado para la determinación.

Cálculo del %DPPH Reducido

$$\%DPPH \text{ Reducido} = ((A_o - A_m) / A_o) * 100$$



Anexo 22.

Curva de calibrado para la determinación de la capacidad antioxidante (DPPH).

- **Evaluación sensorial**



Anexo 23.

Panelistas de la evaluación sensorial.

ANÁLISIS SENSORIAL DE GALLETAS

Nombre: _____

Edad: ____

Fecha: ____/____/2024

I. Ud., está recibiendo una muestra codificada de GALLETAS. Por favor, califique las muestras de galletas de acuerdo a la siguiente escala:

Escala hedónica de 9 puntos

Puntaje	Calificación
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta poco
5	Ni me gusta/ni me disgusta
4	Me disgusta poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Coloca el puntaje en los recuadros correspondientes:

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Olor																									
Sabor																									
Color																									
Textura																									

II. Con base en su opinión sobre esta muestra de GALLETAS, indique en la escala de abajo, su INTENCIÓN DE COMPRA de este producto.

Escala de intención de compra

Puntaje	Calificación
5	Con certeza lo compraría
4	Posiblemente lo compraría
3	Tal vez compraría/tal vez no compraría
2	Posiblemente no lo compraría
1	Con certeza no lo compraría

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Anexo 24.

Ficha sensorial

GRACIAS