



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Agroindustrial.

Título del Proyecto de Investigación:

**“FORMULACIÓN DE UNA GALLETA A PARTIR DE HARINA DE TARWI
(*Lupinus mutabilis Sweet*) Y TRIGO (*Triticum L.*) RELLENA CON MUCÍLAGO DE
CACAO”**

Autores:

Víctor Jhoel Cabrera Mera

Jennifer Ivana Benavides Panchana

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Andrea Cristina Cortez Espinoza, MSc.

Quevedo – Ecuador

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Víctor Jhoel Cabrera Mera**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Víctor Cabrera

Víctor Jhoel Cabrera Mera
CI: 131699314-4



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jennifer Ivana Benavides Panchana**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Benavides Ivana

Jennifer Ivana Benavides Panchana

CI: 120639221-7



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Andrea Cristina Cortez MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes, **Víctor Jhoel Cabrera Mera y Jennifer Ivana Benavides Panchana**, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Formulación de una galleta a partir de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y trigo (*Triticum L.*) rellena con mucílago de cacao**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

ANDREA
CRISTINA
CORTEZ
ESPINOZA

Firmado digitalmente
por ANDREA CRISTINA
CORTEZ ESPINOZA
Fecha: 2022.11.25
07:54:29 -05'00'

Ing. Andrea Cristina Cortez Espinoza, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, Ing. Andrea Cristina Cortez Espinoza, MSc, mediante el presente cumplo en presentar a usted, el informe de proyecto de investigación cuyo tema es titulado “Formulación de una galleta a partir de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y trigo (*Triticum L.*) rellena con mucílago de cacao”, presentado por los estudiantes Víctor Joel Cabrera Mera y Jennifer Ivana Benavides Panchana, egresados de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción que ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 96 % y similitud 4 % del trabajo investigativo. Valido este documento para que los estudiantes sigan con los trámites pertinentes, de acuerdo con lo que establece el Reglamento.



Document Information

Analyzed document	URKUND_TESIS_Finalizada. Sr Cabrera y Srta. Benavides.docx (D150839729)
Submitted	11/24/2022 5:35:00 PM
Submitted by	
Submitter email	acortez@uteq.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	acortez.uteq@analysis.urkund.com

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.

Cordialmente,

ANDREA
CRISTINA
CORTEZ
ESPINOZA

Firmado digitalmente
por ANDREA CRISTINA
CORTEZ ESPINOZA
Fecha: 2022.11.25
07:54:29 -05'00'

Ing. Andrea Cristina Cortez Espinoza, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Formulación de una galleta a partir de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) y trigo (*Triticum L.*) rellena con mucílago de cacao”

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

Aprobado por:

José Vicente
Villarroel Bastidas

Firmado digitalmente por José
Vicente Villarroel Bastidas
Fecha: 2022.11.24 19:06:39
-05'00'

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc.

LUIS ALBERTO
EGAS ASTUDILLO

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO EGAS ASTUDILLO
Fecha: 2022.11.24 17:09:25
-05'00'

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD.



Firmado electrónicamente por:
**DENISSE MARGOTH
ZAMBRANO MUNOZ**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Denisse Margoth Zambrano Muñoz, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2022

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, por la confianza que han tenido en cada proyecto que he llevado a cabo. A mis grandiosos abuelos por la motivación que siempre me han ofrecido, a mi magnífica amiga y compañera, su apoyo durante toda la carrera universitaria, por colaborar conmigo en este trabajo de investigación, porque siempre encamina mi vida al éxito y desear lo mejor para mi porvenir.

Víctor Jhoel Cabrera Mera

AGRADECIMIENTO

Durante el tiempo que ha tomado realizar este trabajo y terminar esta larga carrera he tenido la suerte de encontrar personas que realmente me han brindado su apoyo y que merecen un reconocimiento y sobre todo mis agradecimientos.

En primer lugar, le agradezco a mi madre que me ha demostrado ser una mujer maravillosa que siempre estará a mi lado independientemente si es madrugada o tarde noches para demostrarme su apoyo y amor, por otra parte, le debo agradecer a alguien que, aunque hace mucho no está presente físicamente en mi vida siempre ha estado en mi mente en todo momento siendo él uno de los motivos por el cual no rendirme y luchar por lo que quiero y es que gracias a él he podido culminar esta faceta de mi vida.

En segundo lugar, quiero agradecerle a mi mejor amigo y compañero de este largo camino Víctor Jhoel Cabrera Mera, quien desde un principio siempre estuvo enseñándome, animándome para seguir con esto que ahora está culminado, su constancia y dedicación han hecho que este trabajo también se realice de la mejor manera, su manera de ser tan decidida me ha demostrado que si uno realmente desea algo puede lograrlo independientemente de cuando difícil parezca.

Por otra parte, aunque suene demasiado quiero agradecerme, sé que puede sonar un poco exagerado pero cada uno debería agradecer por todo lo que debe pasar, cursar una carrera no es algo que sea fácil, existen tantos obstáculos que solo uno debe afrontar, luchar y combatir para poder lograr lo que desea y aunque a veces parezca que se aleja lo que queremos siempre que uno quiera podrá cumplirlo.

Jennifer Ivana Benavides Panchana

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a mi hermosa madre por el esfuerzo que tuvo que hacer todos los días junto con mi padre para que pueda llegar a la meta. A mis abuelos y hermanos.

Víctor Jhoel Cabrera Mera

DEDICATORIA

Dedicarle este trabajo a una sola persona podría ser ilógico, por ende, este trabajo se lo dedico a mis padres que siempre han sido un apoyo en mi vida una guía para todo lo que hago y realizo en mi vida, en especial a mi mamá quien me apoya en todo lo que deseo llevar a cabo.

Jennifer Ivana Benavides Panchana

RESUMEN

Considerando que el desarrollo de una formulación es muy importante para la supervivencia de un producto en el mercado, este trabajo tiene como objetivo formular una galleta a partir de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y trigo (*Triticum L.*) rellena con mucílago de cacao. En primera instancia se determinaron distintos porcentajes de harina de tarwi y trigo como fórmula base en la elaboración de las galletas, evaluando características de textura, composición proximal, características sensoriales. Se aplicó un diseño de experimentos completo al azar (D.C.A) con una significancia del 95 % y para determinar diferencia mínima significativa la prueba de LSD ($p < 0.05$). De los cinco tratamientos todos fueron diferentes estadísticamente, el que presentó mejor perfil fue T4 (25 % de harina de tarwi y 75 % de harina de trigo) presentando una fracturabilidad de 0.46 Kgf, dureza 29.89 N, humedad 2.93 %, proteína 11.63 %, cenizas 2 %, fibra cruda 5.85 %, grasa 28.54 %, carbohidratos 54.90 %, energía 506.67 Kcal y sensorialmente los panelistas establecieron mediante la prueba de escala hedónica que les gusta ligeramente, bastante, mucho y muchísimo el olor, color, sabor, dureza y crujencia. Luego se optimizó la formulación base del T4 mediante un diseño de mezclas tipo simplex con centroide modelo cúbico especial de cuatro componentes siendo la harina de tarwi (15 - 25 %), harina de trigo (75 - 85 %), margarina (60 - 70 %) y azúcar (40 - 50 %) en función de la fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia. Como resultado se obtuvo que al mezclar mínimos porcentajes de harina de tarwi, 85.9 % de harina de trigo, mínimos porcentajes de margarina y 14.1 % de azúcar se logra una formulación óptima de las galletas. Para finalizar, se desarrolló el relleno con la adición del 10 % de mucílago de cacao.

Palabras clave: Formulación de galletas, mucílago, características texturales, composición proximal.

ABSTRACT

Considering that the development of a formulation is very important for the survival of a product in the market, this work aims to formulate a biscuit from tarwi flour (*Lupinus mutabilis Sweet*) and wheat (*Triticum L.*) filled with cocoa mucilage. In the first instance, different percentages of tarwi and wheat flour were determined as the base formula in the preparation of cookies, evaluating texture characteristics, proximal composition, sensory characteristics. A completely randomized experimental design (D.C.A) was applied with a significance of 95% and to determine the least significant difference, the LSD test ($p < 0.05$). Of the five treatments, all were statistically different, the one that presented the best profile was T4 (25% tarwi flour and 75% wheat flour), presenting a fracture capacity of 0.46 Kgf, hardness 29.89 N, moisture 2.93%, protein 11.63%, ash 2%, crude fiber 5.85%, fat 28.54%, carbohydrates 54.90%, energy 506.67 Kcal and sensorially, the panelists established through the hedonic scale test that they like slightly, quite a lot and very much the smell, color, taste, hardness and crispness. Then, the base formulation of T4 was optimized by means of a simplex-type mixture design with a special cubic model centroid of four components, being tarwi flour (15 - 25%), wheat flour (75 - 85%), margarine (60 - 70 %) and sugar (40 - 50%) depending on the breakability, protein, flavor and appearance. As a result, it was obtained that by mixing minimum percentages of tarwi flour, 85.9% of wheat flour, minimum percentages of margarine and 14.1% of sugar, an optimal formulation of the cookies is achieved. Finally, the filling was developed with the addition of 10% cocoa mucilage.

Keywords: Biscuit formulation, mucilage, textural characteristics, proximal composition.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iv
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	v
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
TABLA DE CONTENIDO.....	xiii
CÓDIGO DUBLÍN	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Problema de investigación.	3
1.1.1. Planteamiento del problema.	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.	5
1.2.1. Objetivo General.	5
1.2.2. Objetivos Específicos.	5
1.3. Justificación.....	6
CAPÍTULO II	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual.	8
2.1.1. Tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>).....	8
2.1.2. Trigo (<i>Triticum L.</i>).	10
2.1.3. Galletas.....	12
2.1.4. Rellenos de galletas.....	19
2.1.5. Mucílago de cacao.....	19
2.1.6. Características texturales mecánicas.	20
2.1.7. Composición proximal.	22
2.1.8. Evaluación sensorial.....	24
2.2. Marco referencial.	27
CAPÍTULO III.....	29
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.1. Localización.	30

3.2.	Tipos de investigación.....	31
3.2.1.	Investigación experimental.....	31
3.2.2.	Investigación bibliográfica.....	31
3.3.	Métodos de investigación.....	31
3.3.1.	Materia prima.....	31
3.3.2.	Muestreo.....	31
3.3.3.	Caracterización de las galletas.....	39
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	43
3.5.	Diseño de la investigación.....	43
3.5.1.	Diseño experimental DCA.....	44
3.5.2.	Diseño de mezclas.....	45
3.6.	Instrumentos de investigación.....	47
3.6.1.	VARIABLES DE ESTUDIO.....	47
3.7.	Tratamiento de los datos.....	48
3.7.1.	Recursos humanos.....	48
3.7.2.	Recursos materiales.....	48
CAPÍTULO IV.....		50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		50
4.1.	Características texturales de la fórmula base.....	51
4.2.	Composición proximal de la fórmula base.....	52
4.3.	Evaluación sensorial de la fórmula base.....	54
4.3.1.	Tratamiento 1 (100 % harina de tarwi – 0 % harina de trigo).....	54
4.3.2.	Tratamiento 2 (75 % harina de tarwi – 25 % harina de trigo).....	55
4.3.3.	Tratamiento 3 (50 % harina de tarwi – 50 % harina de trigo).....	57
4.3.4.	Tratamiento 4 (25 % harina de tarwi – 75 % harina de trigo).....	58
4.3.5.	Tratamiento 5 (0 % harina de tarwi – 100 % harina de trigo).....	59
4.4.	Optimización de la fórmula.....	61
4.4.1.	Análisis de varianza.....	62
4.4.2.	Optimización simultanea de las respuestas.....	67
4.5.	Relleno con mucílago de cacao.....	71
CAPÍTULO V.....		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		72
5.1.	Conclusiones.....	73
5.2.	Recomendaciones.....	74
CAPÍTULO VI.....		75
BIBLIOGRAFÍA.....		75
CAPÍTULO VII.....		80

ANEXOS.....	80
Anexo A: Proceso de elaboración de la galleta de harina de tarwi y trigo.....	81
Anexo B: Proceso de elaboración del relleno con mucílago de cacao.....	83
Anexo C: Análisis texturales.....	85
Anexo D: Análisis proximal.....	86
Anexo E: Evaluación sensorial.....	87
Anexo F: Métodos utilizados para la caracterización proximal de las galletas.....	90
— Determinación de humedad.....	90
— Determinación de proteína.....	91
— Determinación de ceniza.....	92
— Determinación de fibra.....	93
— Determinación de grasa.....	94
Anexo F: Oficio de aprobación del uso del equipo.....	95
Anexo H: Tablas.....	97
— Caracterización de la fórmula base.....	97
— Optimización de la fórmula.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedios en los parámetros: acidez (%), pH, °Brix, densidad, humedad (%), y proteína (%) del mucílago de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.), tipo Nacional y CCN-51.	20
Tabla 2. Valores energéticos de carbohidratos, proteínas, grasas y alcohol.	24
Tabla 3. Condiciones meteorológicas Finca Experimental “La María”.	30
Tabla 4. Fórmula del relleno con mucílago de cacao CNN-51.	35
Tabla 5. Descripción de los tratamientos del diseño DCA.	44
Tabla 6. Esquema del análisis de varianza para el diseño DCA.	44
Tabla 7. Descripción de los componentes del diseño de mezclas.	45
Tabla 8. Descripción de los tratamientos del diseño de mezclas.	45
Tabla 9. Caracterización textural de las galletas.	51
Tabla 10. Composición química proximal en 100 gr de galletas.	52
Tabla 12. Tipos de modelos de regresión para las cuatro variables de respuestas en la elaboración de galletas.	67
Tabla 13. Componentes y variables de respuestas obtenidas tras la optimización simultánea. ...	68
Tabla 14. Fórmula para la elaboración de galleta con relleno de mucílago de cacao.	70
Tabla 15. Análisis de varianza de dureza de las galletas para la fórmula base.	97
Tabla 16. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para dureza de la fórmula base.	97
Tabla 17. Análisis de varianza de fracturabilidad de las galletas para la fórmula base.	97
Tabla 18. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para fracturabilidad de la fórmula base.	98
Tabla 19. Análisis de varianza de humedad de las galletas para la fórmula base.	98
Tabla 20. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para humedad de la fórmula base.	98
Tabla 21. Análisis de varianza de proteína de las galletas para la fórmula base.	98
Tabla 22. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para proteína de la fórmula base.	99
Tabla 23. Análisis de varianza de cenizas de las galletas para la fórmula base.	99
Tabla 24. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para cenizas de la fórmula base.	99
Tabla 25. Análisis de varianza de fibra cruda de las galletas para la fórmula base.	99
Tabla 26. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para fibra cruda de las galletas de la fórmula base.	100
Tabla 27. Análisis de varianza de grasa de las galletas para la fórmula base.	100
Tabla 28. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para grasa de las galletas de la fórmula base.	100
Tabla 29. Análisis de varianza de carbohidratos totales de las galletas para la fórmula base.	101
Tabla 30. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para carbohidratos totales de las galletas de la fórmula base.	101
Tabla 31. Análisis de varianza de energía (Kcal) de las galletas para la fórmula base.	101
Tabla 32. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para energía (Kcal) de las galletas de la fórmula base.	102
Tabla 33. Análisis de los efectos estimados del modelo completo para fracturabilidad.	102

Tabla 34. Porcentajes de los coeficientes de determinación del ajuste del modelo completo para fracturabilidad.	102
Tabla 35. Ajuste y análisis de varianza del modelo cúbico especial para fracturabilidad.	103
Tabla 36. Coeficientes en términos de factores codificados del modelo cúbico especial para fracturabilidad.	103
Tabla 37. Análisis de los efectos estimados del modelo completo para proteína.	104
Tabla 38. Porcentajes de los coeficientes de determinación del ajuste del modelo completo para proteína.....	104
Tabla 39. Ajuste y análisis de varianza del modelo cuadrático para proteína.....	104
Tabla 40. Coeficientes en términos de factores codificados del modelo cuadrático para proteína.	105
Tabla 41. Análisis de los efectos estimados del modelo completo para el sabor.	105
Tabla 42. Porcentajes de los coeficientes de determinación del ajuste del modelo completo para el sabor.	105
Tabla 43. Ajuste y análisis de varianza del modelo cúbico especial para el sabor.	106
Tabla 44. Coeficientes en términos de factores codificados del modelo cúbico especial para el sabor.	106
Tabla 45. Análisis de los efectos estimados del modelo completo para la apariencia.	107
Tabla 46. Porcentajes de los coeficientes de determinación del ajuste del modelo completo para la apariencia.	107
Tabla 47. Ajuste y análisis de varianza del modelo cúbico especial para la apariencia.....	107
Tabla 48. Coeficientes en términos de factores codificados del modelo cúbico especial para la apariencia.	108
Tabla 49. Soluciones totales obtenidas tras la optimización simultanea de respuestas.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfica general del análisis de perfil de textura TPA [25].	20
Figura 2: Finca Experimental La María (Universidad Técnica Estatal de Quevedo).	30
Figura 3: Diseños simplex-centroide para cuatro componentes.....	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evaluación sensorial del tratamiento 1.	55
Gráfico 2. Evaluación sensorial del tratamiento 2.	56
Gráfico 3. Evaluación sensorial del tratamiento 3.	58
Gráfico 4. Evaluación sensorial del tratamiento 4.	59
Gráfico 5. Evaluación sensorial del tratamiento 5.	60
Gráfico 6: Contorno y superficie de respuesta del efecto de la harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar en la fracturabilidad.	63
Gráfico 7: Contorno y superficie de respuesta del efecto de la harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar en proteína.	64
Gráfico 8: Contorno y superficie de respuesta del efecto de la harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar en el sabor.	65
Gráfico 9: Contorno y superficie de respuesta del efecto de la harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar en la apariencia.	66

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Materia prima.....	81
Foto 2. Formulación.....	81
Foto 3. Mezclado 1.....	81
Foto 4. Mezclado 2.....	81
Foto 5. Mezclado 3.....	81
Foto 6. Amasado.....	81
Foto 7. Laminado.....	82
Foto 8. Moldeado.....	82
Foto 9. Horneado.....	82
Foto 10. Enfriamiento.....	82
Foto 11. Adición del relleno.....	82
Foto 12. Galletas rellenas.....	82
Foto 11. Mazorcas de cacao.....	83
Foto 12. Extracción de almendras.....	83
Foto 13. Extracción del mucílago.....	83
Foto 14. Mucílago de cacao.....	83
Foto 15. Leche entera filtrada.....	83
Foto 16. Adición de NaHCO_3 y especias.....	83
Foto 17. Adición de almidón, glucosa y azúcar.....	84
Foto 18. Concentración.....	84
Foto 19. Incorporación del mucílago.....	84
Foto 20. Concentración a 65 °Brix.....	84
Foto 21. Producto final.....	84
Foto 22. Determinación de dureza y fracturabilidad.....	85
Foto 23. Determinación de humedad.....	86
Foto 24. Determinación de proteína.....	86
Foto 25. Determinación de ceniza.....	86
Foto 26. Determinación de fibra bruta.....	86
Foto 27. Determinación de grasa.....	86
Foto 28. Prueba de la primera fase.....	87
Foto 39. Prueba de la segunda fase.....	89

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Formulación de una galleta a partir de harina de tarwi (<i>Lupinus mutabilis sweet</i>) y trigo (<i>Triticum L.</i>) rellena con mucílago de cacao			
Autor:	Víctor Jhoel Cabrera Mera y Jennifer Ivana Benavides Panchana			
Palabras claves:	Mucílago	Formulación de galletas	Características texturales	Composición proximal
Fecha de publicación:	2022			
Editorial:	Quevedo: UTEQ - 2022			
Resumen:	<p>Resumen. Considerando que el desarrollo de una formulación es muy importante para la supervivencia de un producto en el mercado, este trabajo tiene como objetivo formular una galleta a partir de harina de tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) y trigo (<i>Triticum L.</i>) rellena con mucílago de cacao. En primera instancia se determinaron distintos porcentajes de harina de tarwi y trigo como fórmula base en la elaboración de las galletas, evaluando características de textura, composición proximal, características sensoriales. Se aplicó un diseño de experimentos completo al azar (D.C.A) con una significancia del 95 % y para determinar diferencia mínima significativa la prueba de LSD ($p < 0.05$). De los cinco tratamientos todos fueron diferentes estadísticamente, el que presentó mejor perfil fue T4 (25 % de harina de tarwi y 75 % de harina de trigo) presentando una fracturabilidad de 0.46 Kgf, dureza 29.89 N, humedad 2.93 %, proteína 11.63 %, cenizas 2 %, fibra cruda 5.85 %, grasa 28.54 %, carbohidratos 54.90 %, energía 506.67 Kcal y sensorialmente los panelistas establecieron mediante la prueba de escala hedónica que les gusta ligeramente, bastante, mucho y muchísimo el olor, color, sabor, dureza y crujencia. Luego se optimizó la formulación base del T4 mediante un diseño de mezclas tipo simplex con centroide modelo cúbico especial de cuatro componentes siendo la harina de tarwi (15 - 25 %), harina de trigo (75 - 85 %), margarina (60 - 70 %) y azúcar (40 - 50 %) en función de la fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia. Como resultado se obtuvo que al mezclar mínimos porcentajes de harina de tarwi, 85.9 % de harina de trigo, mínimos porcentajes de margarina y 14.1 % de azúcar se logra una formulación óptima de las galletas. Para finalizar, se desarrolló el relleno con la adición del 10 % de mucílago de cacao.</p> <p>Abstract. Considering that the development of a formulation is very important for the survival of a product in the market, this work aims to formulate a biscuit from tarwi flour (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) and wheat (<i>Triticum L.</i>) filled with cocoa mucilage. In the first instance, different percentages of tarwi and wheat flour were determined as the base formula in the preparation of cookies, evaluating texture characteristics, proximal composition, sensory characteristics. A completely randomized experimental design (D.C.A) was applied with a significance of 95% and to determine the least significant difference, the LSD test ($p < 0.05$). Of the five treatments, all were statistically different, the one that presented the best profile was T4 (25% tarwi flour and 75% wheat flour), presenting a fracture capacity of 0.46 Kgf, hardness 29.89 N, moisture 2.93%, protein 11.63%, ash 2%, crude fiber 5.85%, fat 28.54%, carbohydrates 54.90%, energy 506.67 Kcal and sensorially, the panelists established through the hedonic scale test that they like slightly, quite a lot and very much the smell, color, taste, hardness and crispness. Then, the base formulation of T4 was optimized by means of a simplex-type mixture design with a special cubic model centroid of four components, being tarwi flour (15 - 25%), wheat flour (75 - 85%), margarine (60 - 70 %) and sugar (40 - 50%) depending on the breakability, protein, flavor and appearance. As a result, it was obtained that by mixing minimum percentages of tarwi flour, 85.9% of wheat flour, minimum percentages of margarine and 14.1% of sugar, an optimal formulation of the cookies is achieved. Finally, the filling was developed with the addition of 10% cocoa mucilage.</p>			
Descripción:	130 hojas; dimensiones, 29 x 21 cm + CR-ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

Los productores de tarwi van a tener a quién proveer su materia prima para ser industrializada y dar a conocer los beneficios al consumidor, por lo que este trabajo tiene como tema la formulación de galletas a partir de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y trigo (*Triticum L.*) rellena con mucílago de cacao. Teniendo presente que estos productos son alimentos con una alta demanda que se pueden obtener con un bajo costo de producción y que pueden ser consumidas en cualquier momento y edad, teniendo la característica de saciar el hambre y poseer un alto valor energético [1].

En la primera parte de este trabajo se realizó el procedimiento base para valorar proporcionalmente distintos porcentajes de harina de tarwi (0 % - 100 %) y trigo (0 % - 100 %) en la elaboración de las galletas evaluando las características mecánicas: fracturabilidad y dureza; composición proximal: humedad, proteína, cenizas, fibra cruda, grasa, carbohidratos y energía; características sensoriales: olor, color, sabor, dureza y crujencia. Luego en la segunda parte se optimizó la formulación a partir del mejor resultado de la primera fase a la cual se le adicionó el resto de los ingredientes como margarina y azúcar, además, se determinó en esta segunda fase valores de fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia. Y por último con los resultados óptimos de la segunda fase se elaboró la galleta (tipo alfajor) con un relleno muy similar al dulce de leche adicionándole mucílago de cacao.

En la fórmula base el T4 (25 % harina de tarwi y 75 % harina de trigo) fue el mejor para la optimización, principalmente por tener mayor aceptación por los panelistas (consumidores) debido al olor, color y sabor; superior fracturabilidad y dureza relacionada al bajo contenido de humedad. Posteriormente la fórmula óptima se logró al mezclar mínimos porcentajes de harina de tarwi, margarina y cantidades superiores de harina de trigo con azúcar. Para finalizar, al desarrollar el relleno con la adición del 10 % mucílago de cacao se obtuvo un producto de textura elástica y suave con un color pardo opaco olor a lácteo tipo dulce de leche. Con esto se obtuvo una formulación idónea de galleta rellena de características mecánicas adecuadas y aceptada por el consumidor.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

En la actualidad contamos con una alta variedad de leguminosas que se producen en gran cantidad con componentes nutritivos que no se le da aprovechamiento agroindustrial en nuestro país en el desarrollo de nuevos productos alimenticios y existe la necesidad de dar un valor agregado a múltiples materias primas utilizando *Lupinus mutabilis Sweet* (tarwi) que es consumido mayormente en platos gastronómicos como “ceviche de chocho” [2], desconociendo sus propiedades nutricionales en productos industrializados.

En cuanto al mucílago de cacao, que, por la falta de innovación en el desarrollo de alimentos, falta de conocimiento en el manejo, conservación e higienización se desecha en los mismos cultivos [3]. Por otra parte, en la elaboración de galletas se utiliza como ingrediente principal la harina de trigo [1], donde los consumidores exigen y buscan alternativas de innovación en productos alimenticios como en este caso galletas rellenas.

- **Diagnóstico**

Actualmente en la elaboración de galletas se utilizan en su formulación harina de trigo, por esta razón múltiples estudios han buscado la sustitución parcial de esta con harina de lenteja, soya, quinua, arroz, camote, plátano y maíz en la elaboración de productos más innovadores y nutritivos para satisfacer las exigencias de la población. Estas galletas tienen rellenos de leche, vainilla, fresa, chocolate, limón, piña, mora, etc. También diversos estudios han caracterizado el mucílago de cacao para ser utilizado en la elaboración de algunos productos agroindustriales alimenticios y no alimenticios, como: jaleas, mermeladas, licores y herbicidas.

- **Pronóstico**

Dentro de la formulación de las galletas se considerará que el porcentaje de harina de tarwi sea menor por la presencia de alcaloides sin desmejorar esta valiosa materia prima en el desarrollo de galletas, aportando el porcentaje de proteína en el producto e incrementando la harina quinua para mejorar las características texturales mecánicas, y obteniendo unas galletas crujientes y de textura óptima, entendiendo que el mucílago se va a utilizar para el relleno de las galletas se incentivara a la producción científica de la elaboración y procesamiento del mucílago.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cuál será la formulación en la elaboración de galletas con centro saborizado a partir de harina de tarwi y trigo?

1.1.3. Sistematización del problema.

- ¿Qué porcentaje de harina de tarwi y trigo se utilizará en la elaboración de galletas?
- ¿Cuáles son las características mecánicas y composición proximal de las galletas?
- ¿Cómo se evaluará sensorialmente la galleta rellena con mucílago de cacao?
- ¿Qué metodología permitirá establecer la formulación idónea de las galletas?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Desarrollar una galleta con centro saborizado a partir de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y trigo (*Triticum L.*).

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Establecer la formulación base de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y trigo (*Triticum L.*) en la elaboración de galletas.
- Caracterizar la fórmula base en función de su fracturabilidad, dureza y composición proximal.
- Realizar la evaluación sensorial de la fórmula base (mejor tratamiento).
- Determinar la mejor formulación de las galletas a través de los valores de fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia.

1.3. Justificación.

Innovar con productos alimenticios ha sido un avance para las industrias, los alimentos nutritivos son los más apreciados, por tanto, la presente investigación se enfocó en el desarrollo de galletas de harina de tarwi, trigo, con un relleno de saborizado a base de mucílago de cacao, teniendo presente que estos componentes presentan un alto contenido de proteína, fibra y ácidos grasos saludables como el omega-3, entre otros componentes nutricionales entre ellos minerales como el calcio, potasio, hierro y magnesio necesarios para el correcto funcionamiento y mantenimiento del organismo [4].

Es por esto por lo que se realiza este producto, debido a que la mezcla de estas materias primas no está siendo aprovechadas al máximo y al incorporar estas dos harinas se les dará mayor valor agregado a las galletas al contar con excelentes características y propiedades mecánicas, proximales y sensoriales.

Considerando así que la elaboración de galletas a partir de harina de tarwi y trigo permitirá conocer el gran potencial de estas materias primas, contribuyendo al mismo tiempo con el desarrollo de la agroindustria y otorgando un amplio conocimiento para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Se abordaron temas redactados acerca del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*), trigo (*Triticum L.*), harinas y tipos para la elaboración de galletas, clasificación de estas y los ingredientes para su elaboración, proceso de elaboración y rellenos utilizados comúnmente.

También se hace referencia al mucílago de cacao, características físico-químicas, características texturales de las galletas principalmente de dureza y fracturabilidad, composición proximal (humedad, cenizas, carbohidratos, grasa, proteína, fibra), evaluación sensorial y tipos de pruebas que existen para el análisis de galletas.

2.1.1. Tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*).

El tarwi es una leguminosa que comúnmente se la conoce en Ecuador como chocho al igual que al norte del Perú, por otra parte, al sur de Perú y Bolivia se le llama tarhui y en España como lupino o altramuza; esta es de origen andino pertenece a la familia *Leguminosae (Fabaceae)*, su género es *Lupinus*, de lo cual su nombre científico es *Lupinus mutabilis Sweet* [5]. Fue hallada hace más de 1.500 años, en la época incaica era un alimento característico en su dieta [5]. Los granos de tarwi cuentan con extraordinarias cantidades de nutrientes como la proteína la cual es rica en lisina que es un aminoácido esencial. Además de ello contiene un alto contenido de grasas que son beneficiosas para la salud, con todo ello es considerada como la fuente de proteína y oleaginosa más importante a nivel mundial [5].

Entre otras ventajas del tarwi es su amplio margen de adaptación a diversas altitudes, además de ello tiene una capacidad de fijación de nitrógeno, por esta razón ha sido utilizado para enriquecer los suelos andinos [5]. Dentro de los lupinos de origen americano, el tarwi es el único que posee semillas grandes, considerándolo como un cultivo agroindustrial [5]. De la misma presenta una desventaja al tener un alto contenido de sustancias amargas conocidas como alcaloides no se lo puede utilizar a escala industrial [5].

Actualmente existe un procedimiento de eliminación de gran parte de estos alcaloides, primero se debe pesar la materia prima, después de ello remojar una proporción de esta materia prima por un tiempo de 12 horas a temperatura ambiente, consecutivamente se retira el agua del remojo que tiene un aspecto viscoso y color amarillento con fuerte olor a tarwi, posteriormente de ello se retira la muestra remojada para ser escurrida y llevada a 90 °C por 30 minutos con una proporción de materia prima agua 1:5 (p/v), y para que los granos sean

lixiviados se los deben lavar por un tiempo de 48 horas, aproximadamente 10 lavadas y una relación de materia prima agua 1:9 (p/v) [6].

- **Clasificación botánica.**

La clasificación taxonómica de *Lupinus mutabilis Sweet* citado por Rivadeneira, J. (1999), es:

Reino	: Plantae
División	: Espermatofita
Sub – división	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledóneas
Sub clase	: Arquiclamideas
Orden	: Rosales
Familia	: Leguminosas
Sub-Familia	: Papilionoideas
Tribu	: Genisteas
Género	: Lupinus
Especie	: mutabilis
Nombre científico	: <i>Lupinus mutabilis Sweet</i>
Nombres comunes	: Chocho, tahuri, tarwi

Fuente: [7].

2.1.1.1. Harina.

La harina de tarwi es un producto que se obtiene mediante la molienda de los granos de lupinos adquiriendo de ello un polvo fino con textura suave similar a la maicena, de esta manera se puede obtener diversos alimentos con un elevado valor nutricional para el consumo humano [8].

Generalmente la harina está presente en la alimentación de la población por ejemplo al consumir pan, galletas, pasta, tortillas entre otros alimentos que mejoran la dieta diaria [8]. Aunque el tarwi es un alimento vegetal rico en proteínas tiende a limitarse en el consumo de ciertos sectores de la población como niños y personas de la tercera edad por su dureza, y sabor característico [8].

2.1.2. Trigo (*Triticum L.*).

El trigo y la civilización humana están muy vinculadas debido a que este cereal constituye el cultivo más antiguo sembrado en inmensas extensiones, esta es una planta anual de crecimiento de invierno y primavera, que puede crecer y reproducirse en ambientes muy diferentes por su gran diversidad genética [9].

El trigo es cultivado desde el comienzo de la agricultura, no se conoce con precisión dónde y cuándo se originó, tal y como lo conocemos hoy [9]. Los estudios realizados por De Candolle indican que el trigo es originario de Mesopotamia, mientras que Vavilov afirma que las especies del género *Triticum* han tenido su centro de diferenciación en Turquía, Afganistán y La India [9]. Otras investigaciones sostienen que el trigo tuvo su origen en la zona comprendida entre Asia Menor y Afganistán, en definitiva, en alguno de estos lugares de clima similar, el hombre primitivo se encontró por primera vez con el trigo silvestre, recolectándose quizás antes de 15.000-10.000 años AC [9].

El género *Triticum* comprende alrededor de 30 tipos de trigo, con suficientes diferencias genéticas para ser consideradas especies distintas o subespecies, de ellas, solamente se han reconocido 16 especies y el resto son silvestres, pero dentro de los cultivados sólo dos lo están en gran escala mundialmente [9]. El trigo harinero (*Triticum aestivum* L) y el trigo cristalino o duro (*Triticum durum*) son los tipos comerciales; el harinero (*Triticum aestivum* L) cubre cerca de 90 % del área total sembrada con trigo mundialmente, mientras que el duro (*Triticum durum*) llamado también cristalino o macarronero, cubre cerca de 9 % total del área triguera mundial, pero solamente aporta el 5 % de la producción mundial; para el resto de la producción hay especies del trigo de menor importancia, de las cuales el trigo ramificado (*T. compactum*) es el más importante [9].

- **Clasificación botánica.**

Flores (2014) expuso en su trabajo que Cronquist (1987) clasifica el trigo de la siguiente manera:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Sub clase	:	Commelinidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Sub Familia	:	Pooideae
Tribu	:	Triticeae
Género	:	Triticum
		Triticum aestivum
		T. durum
		T. Compactum

Fuente: [10].

2.1.2.1. Harina.

La harina de trigo es un producto obtenido de la molienda del grano de trigo o de la mezcla del trigo blando y duro en un 80% maduro sano y limpio. Para que el producto sea finalmente triturado se debe cribar, descascarillar y excluir los granos extraños [11]. Normalmente la harina de trigo tiene un contenido de humedad del 13 % al 15 %, por otra parte, la humedad de la harina para galletas es del 14% [12]. Actualmente la harina de trigo es muy utilizada para la elaboración de pan, pastas alimenticias y productos de pastelería [11].

2.1.2.2. Tipos de harina de trigo.

Las variedades de trigo sembradas en primavera en climas más cálidos que el norte de Europa tienden a producir granos duros con alto contenido de proteínas que dan gluten elástico pero inextensible, estos se conocen como trigos duros y producen lo que se denomina harina fuerte [12]. El contenido de proteína de las harinas fuertes suele estar en el rango de 10.5 – 14.5% y es ideal para hacer pan y también se usa, en parte, para masas de galletas fermentadas como galletas saladas [12].

En cambio, los granos que son sembrados en invierno tienden a ser más blandos y con un contenido de proteína bajo además es considerada como harinas débiles con menos de 8,5% de proteína, este tipo de harina es muy esponjosa y blanda, además de ello el gluten formado a partir de esta harina es más extensible y menos elástica, por lo que es conocida como harina media o débil, estas harinas son mayormente utilizadas para la producción de galletas y son menos costosas ya que el precio está relacionado con el contenido de proteína [12].

2.1.3. Galletas.

Las galletas son un alimento que se obtienen a partir de una masa elaborada con harinas, grasas vegetales o de animales, azúcares y alimentos aromáticos, contienen un gran valor energético que lo aporta su ingrediente principal la harina [13]. En la actualidad las galletas son un producto con una gran demanda y de bajo costo de producción, es considerada como un vehículo para llegar a la población como una propuesta alimenticia de alto valor nutritivo, por otra parte, presenta un aporte de energía en los momentos más apropiados como desayunos, meriendas o colaciones sin olvidar lo fácil de trasladar e ingerir ya que no es necesario el uso de utensilios, por ende se considera a la galleta un alimento de consumo masivo [1].

Normalmente las galletas tienen un contenido de humedad inferior al 4 % y cuando son envasadas en recipientes a prueba de humedad su vida útil es alrededor de seis meses o más. Para los consumidores cualidades como la apariencia y textura son muy importantes, es decir no les gustan las galletas fracturadas o que han horneado poco o demasiado [12].

2.1.3.1. Clasificación.

La NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2.085:2005 menciona que las galletas se clasifican en los siguientes tipos:

Tipo I	Galletas saladas
Tipo II	Galletas dulces
Tipo III	Galletas wafer
Tipo IV	Galletas con relleno
Tipo V	Galletas revestidas o recubiertas

A parte de ello existen dos tipos fundamentales de galletas, de masa dura (hard dough) y de masa corta (short dough) lo que las diferencia a estos dos tipos es la presencia de largas cadenas de gluten que conceden extensibilidad a la masa [14].

Cuando el gluten está desarrollado, la masa presenta un comportamiento viscoelástico dando lugar a masas duras, sin embargo, cuando la cantidad de grasa y azúcar es alta, el gluten no se puede desarrollar completamente y la masa se queda corta, además, las galletas de masa corta aumentan su tamaño (spread o esparcimiento) durante el proceso de horneado, mientras que las galletas de masa dura tienden a encoger longitudinalmente [14].

2.1.3.2. Ingredientes de galletas.

Los insumos frecuentemente utilizados para la elaboración de galletas son: grasas, azúcares, harinas y leche; además de estos ingredientes también se adicionan emulsificantes, leudantes, conservantes, etc., cada uno de estos ingredientes cumple una función específica y le otorga ciertas características al producto final, las que dependen de la proporción utilizada y el método de elaboración de las galletas [15].

2.1.3.2.1. Ingredientes mayoritarios.

Harina. Es el ingrediente principal en la mayoría de las formulaciones para galletas [12]. A menudo están hechas de trigo, el cual pasa por un proceso de limpieza donde se le extrae la capa marrón de la superficie y al embrión se le reduce el tamaño de las partículas convirtiéndolo en polvo fino [12]. Está compuesta de una mezcla de fragmentos endospermos, gránulos de almidón y fragmentos de proteína [14]. La harina de trigo es el principal componente de todos los productos horneados, la calidad de la harina es el factor más importante para el fabricante de galleta, ya que para obtener una galleta con buenas cualidades se necesita una harina que cuente con un gluten relativamente débil y fácil de estirar (para galletas dulces), es posible cambiar la naturaleza del gluten de una harina adicionando agentes reductores o enzimas hidrolizantes de la proteína con el fin de debilitar el gluten [15].

Una característica principal de la harina de calidad es que esta deba tener un cierto grado de frescura y dejarse en capas delgadas sin que llegue a resquebrajarse, no debe arrugarse después del laminado, además, en las galletas dulces deben tener un promedio de 7 a 7.5 % de proteína y en las galletas tipo crackers 10 % [15].

Grasa. Otro ingrediente fundamental para la fabricación de galletas después de la harina es la grasa, el uso de la grasa permite que la cantidad de agua sea pequeña, debido a que la grasa es el ingrediente responsable de la unión de los demás ingredientes ya que esta actúa como lubricante e inhibe la creación de una red cohesiva y extensible de gluten; además

rompe la continuidad de la estructura proteína-almidón y afecta a la textura de la masa, de forma que la masa es menos elástica y no se encoge tras su laminación [14]. Por tanto, la grasa influye en el diámetro y en las propiedades finales de textura de las galletas, confiere a la galleta humedad y aumenta la fragilidad de la galleta [14].

Para la elaboración de las galletas usualmente el contenido de grasa utilizado es un 78 % de materia grasa compuesta por grasa vegetal, aceites vegetales y aceites vegetales hidrogenados, además de contener otros compuestos emulgentes como lecitina, mono y diglicéridos de ácidos grasos los cuales actúan rompiendo la grasa en partículas muy pequeñas [14]. Dentro de la industria son consideradas como "shortening" su adición de inhibir la formación de una masa elástica, confiriéndole ciertas propiedades texturales al producto final [14].

Algunos tipos de grasas que proporcionan el efecto ablandador "shortening" es la mantequilla el cual contiene un 80 % de grasa permitiéndose influir en la aceptabilidad debido que tiene un bajo punto de fusión interviniendo como lubricante durante el horneado; por otra parte, la manteca de cerdo es usualmente utilizada en las galletas saladas debido a su natural y distintivo sabor; por último el aceite vegetal, esta es una grasa hidrogenada, desodorizada y refinada, es procedente de la soya y el algodón [15].

Azúcar. Para la elaboración de galletas la azúcar empleada es la sacarosa en forma cristalina, este es un disacárido no reductor (α-D-glucopiranosil-(1.2)-β-D-fructofuranosa) [14]. El azúcar puede llegar afectar al gusto, color, dimensiones, dureza y superficie de la galleta el cual depende de varios factores entre ellos la cantidad y tipo de azúcar los cuales influyen durante todo el proceso desde el amasado hasta el envasado, es un componente que compite con la harina por inhibir la formación de gluten y afectar la consistencia de la masa siendo algo fundamental en el laminado y corte [14]. Además de ello, mediante el horneado el azúcar influye en la gelatinización del almidón, en la movilidad del gluten, y sobre todo en la crujencia de la galleta [14].

En el horneado no hay suficiente agua para disolver el azúcar añadido, ya que el calor no se distribuye homogéneamente en toda la masa de galleta, de forma que los gránulos de azúcar en el centro de la galleta se pueden observar en forma amorfa y en forma cristalina, mientras que los gránulos de azúcar en la superficie únicamente están en forma cristalina debido a que en la superficie el agua se evapora rápidamente durante el proceso de horneado [14].

Un punto muy importante para la expansión de la galleta es el tamaño de los cristales del azúcar, ya que la azúcar en polvo o fina no promueve la expansión deseada, por otra parte, otros edulcorantes que podrían sustituir a la azúcar granulada es jarabes invertidos, almidón de maíz, azúcar invertido y la lactosa [15].

2.1.3.2.2. Ingredientes minoritarios.

Agua. En la galleta actúa como plastificante y disolvente, además de influir en la viscosidad de la masa y textura cuando ya está horneada, por otra parte, en el amasado el agua actúa como disolvente ante los otros ingredientes, dispersando la grasa, por eso la mezcla de la masa final tiene un color crema claro y una consistencia blanda, de ahí el nombre de "punto pomada" [14]. También influye en la consistencia final de la galleta, de forma que, las galletas con una baja humedad son más frágiles, y a medida que se aumenta la cantidad de agua, el punto de fractura de la galleta disminuye, revelando una mayor elasticidad y deformabilidad [14].

La calidad del agua puede afectar seriamente a los productos horneados, pues la cantidad y tipo de minerales disueltos y la presencia de sustancias orgánicas puede afectar el sabor y los atributos físicos del producto final; para el amasado debe ser de excelente potabilidad, normalmente se prefiere agua de mediana dureza entre 50 a 100 ppm, con pH neutro o ligeramente ácido [15].

Sal. Es utilizada para mejorar las propiedades sensoriales, disminuye el sabor amargo y aumentar el dulzor; su concentración más eficaz en las galletas es de 1-1.5 % del peso de la harina, ya que a niveles superiores a 2.5 % se hace desagradable al gusto [12].

Leche en polvo. Es un componente de mucha importancia, aunque sea en pocas cantidades la leche en polvo contribuye a la textura, gusto, color, aroma y aporta un valor nutricional extra a la galleta, esto ocurre por la presencia de aminoácidos de la leche [14]. La grasa de la leche ejerce un efecto físico sobre las galletas, debilitando su estructura pues interfiere en la cohesividad de los coloides hidrofílicos como el gluten y el almidón [15]. Actualmente la mayoría de la leche utilizada es en polvo dada su facilidad de manejo y bajo contenido en humedad que prolonga su vida útil [12].

2.1.3.2.3. Agentes leudantes.

Además de los ingredientes mayoritarios y minoritarios, la elaboración de una galleta implica el uso de productos químicos como los agentes leudantes y se utilizan como cristales o polvos finos [12].

Bicarbonato sódico (CO_3HNa): En presencia de humedad, reacciona con el agua produciendo anhídrido carbónico al formarse sal sódica y agua [12]. Al calentarse, libera algo de dióxido de carbono y permanece como carbonato sódico, actuando como agente esponjante, además controla el pH que puede afectar en el esparcimiento de la masa y en el color de la galleta [12]. El bicarbonato de sodio se mezcla con la harina en la última etapa de la elaboración (si es que se necesita como agente esponjante); el exceso de bicarbonato de sodio provoca reacciones alcalinas, dando color y sabor desagradable (sabor jabonoso) [15].

Bicarbonato amónico ($\text{CO}_3(\text{NH}_4)$): Se descompone completamente por el calor desprendiendo anhídrido carbónico, amoníaco gaseoso y agua, por tanto, se disuelve rápidamente produciendo un medio alcalino que hace que la masa sea muy blanda y también actúa como agente esponjante [12].

2.1.3.2.4. Ingrediente aromatizante.

Esencia de vainilla. Del extracto acuoso resulta la esencia de vainilla que se lleva usando desde mucho tiempo atrás, la historia menciona que los mayas la utilizaban para aromatizar su cacao [16]. La esencia es muy concentrada y costosa, por ello existen en el mercado productos sustitutivos artificiales (la vainillina), que dejan un regusto desagradable [17]. Debe usarse en cantidades muy pequeñas, porque la esencia de vainilla es muy concentrada [17].

La esencia de vainilla es muy utilizada en diferentes tipos de productos entre ellos los dulces aromatizantes, postres sensuales como helados, galletas de azúcar, pasteles de hojaldre y lociones de mantequilla. Además, la adición de extractos de vainilla a las galletas amplía la actividad antioxidante y reduce la tasa de peróxido en comparación con las galletas cubiertas con vainillina artificial [18].

2.1.3.3. Proceso de elaboración de galletas.

La calidad de la masa queda determinada por la cantidad y calidad de los ingredientes empleados. Al igual que existen numerosas formulaciones de galletas, también existen diversos procesos para formar la masa de la galleta [14]. Todos los métodos de elaboración de galletas tienen el mismo procedimiento a excepción del mezclado de ingredientes [15].

2.1.3.3.1. Mezclado.

Hay fundamentalmente dos métodos de mezclados:

Método simple (single-method), donde se mezclan todos los ingredientes en una sola etapa [14], incluyendo el agua; parte del agua se usa para disolver los agentes químicos, saborizantes y colorantes, prosiguiendo con el mezclado hasta obtener una masa satisfactoria [15].

Método de punto pomada (creaming-method), donde primero se mezcla la grasa con el azúcar y los ingredientes minoritarios hasta alcanzar lo que se conoce en pastelería como "punto pomada" (cream-up) y, posteriormente, se añade el resto de los ingredientes [14]. En este caso, la grasa se combina con el azúcar ayudando a atrapar el aire, envuelve individualmente los granos de azúcar impidiendo que se agreguen entre sí y formen terrones, si no fuera así, cuando el azúcar se fundiese volvería a cristalizar formando partículas de mayor tamaño [14]. Esta etapa es determinante en la formación de la estructura del producto terminado y en la densidad de la masa [14].

2.1.3.3.2. Amasado.

Durante el amasado, la energía impartida a la masa ha de ser menor que la típicamente utilizada para el pan u otros productos de panadería, con el fin de evitar el desarrollo del gluten ya que la masa de galleta necesita tener buena extensibilidad, baja elasticidad y resistencia a la deformación; el tiempo de amasado también afecta a la masa, haciéndola más deformable, pero también puede afectar al gluten ayudándolo a desarrollarse [14].

2.1.3.3.3. Moldeado de la masa.

Existen dos formas para el moldeado de la masa; una es mediante el corte de una masa laminada en trozos de tamaño y de forma adecuada, mientras que la otra es utilizando moldes en los que se introduce la masa a presión a través de un tubo cuyo orificio de salida tiene formas diferentes [15].

El más usado es el primer método porque permite obtener galletas planas partiendo de una masa previamente laminada, uniforme y de un grosor determinado que hace posible su corte o división; esta operación se lleva a cabo en máquinas con un mecanismo rotativo de arriba hacia abajo que permite ejercer presión sobre la masa que se desplaza luego horizontalmente encima de una faja transportadora; dos elementos cortadores colocados en la base del mecanismo cortan la masa en proporciones iguales y de formas variadas [15]. El laminado se logra mediante dos cilindros de metal, entre los cuales se encuentra una cuchilla metálica la cual regulará el espesor adecuado del laminado [15].

Durante este proceso se recomienda girar la masa 90° cada vez que se lamina, para evitar la obtención de galletas de forma ovalada tras el horneado, ya que el gluten se alinea en la dirección del laminado, por lo que la longitud de la galleta disminuirá sólo en la dirección de la laminación mientras que la anchura aumentará [14].

2.1.3.3.4. Horneado.

Es el proceso de cocción de la galleta durante el cual se elimina casi toda el agua llegando a tener 2.5 % a 3 %, el proceso de cocción para galletas es muy corto, puede durar hasta 15 minutos dependiendo del tipo de galleta [15].

Durante la cocción se producen tres variaciones importantes:

- La gran disminución de la densidad del producto, unida al desarrollo de una textura abierta y porosa.
- Disminución del nivel de humedad hasta 1 % a 3 %.
- Cambio de color en la superficie. Otros cambios que ocurren son: El derretimiento de la grasa y la formación del gas que ocasiona la expansión de las galletas, aumentando su tamaño; la gelatinización del almidón, la coagulación de las proteínas, etc., [15].

2.1.3.4. Efecto del calor sobre las masas.

Al calentar del almidón y de las proteínas, hasta que se da el hinchamiento, se produce una gelificación a los 54 °C y desnaturalización de las proteínas a una temperatura mayor a 62.7 °C, provocando así una coagulación y logrando mayor fuerza a la galleta a su vez una liberación de gases de los compuestos químicos esponjantes [15].

Durante la expansión de las burbujas de estos gases como resultado del aumento de la temperatura que también hace aumentar la presión de vapor de agua dentro de ellas provocando una ruptura y coalescencia de algunas de estas burbujas, lo que conlleva a una pérdida de vapor de agua de la superficie del producto, seguida por la emigración de la humedad hacia la superficie, a los 78.8 °C la coagulación es total; las fibras de proteína se hacen más extensibles y a los 150 °C se forman los compuestos melanoidinos los cuales le dan color a la corteza, también se da la caramelización de los azúcares [15].

2.1.4. Rellenos de galletas.

El invariable dulce de leche para el relleno, es un clásico que siempre es bien aceptado, sin embargo, hay que reconocer que siempre existen opciones como el de crema de chocolate con merengues para rellenar [19]. La materia prima para elaborar un relleno estándar es la grasa, azúcar, leche, huevos, esencias saborizantes, pero también se pueden improvisar o inventar [19]. Mientras que para un relleno básico se necesita almidón de maíz, azúcar, solución de gelatina sin sabor y manteca de cacao [20].

2.1.4.1. Dulce de leche.

Se define como el producto higienizado obtenido por la concentración térmica de una mezcla de leche y azúcares, debe estar exento de sustancias tales como grasa vegetal o animal diferente a la láctea [21]. Debe tener un contenido mínimo de 7 % de grasa, 17 % de sólidos lácteos no grasos y un contenido máximo de 30 % de humedad y 2 % de cenizas, este no debe contener almidones a diferencia del manjar blanco, al cual se le permite un contenido de hasta 4 % de almidón en producto final [21].

2.1.5. Mucílago de cacao.

Las semillas de cacao están rodeadas por una pulpa aromática [22], denominada mucílago que contiene de 10 a 15 % de azúcar, 1 % de pectina y 1.5 % de ácido cítrico [23]. Parte de este mucílago o pulpa es necesaria para la producción de alcohol y ácido acético en la fermentación de las almendras, pero, entre el 5 a 7 % se drena como exudado [23].

2.1.6.1. Características mecánicas primarias.

Dureza. Fuerza requerida para lograr una deformación o penetración de un producto, imitando el primer mordisco, es decir la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares (alimentos sólidos) o entre la lengua y el paladar (alimentos semisólidos), regularmente los atributos relacionados con la dureza de un alimento son duro, blando, suave y la unidad de medida se expresa en fuerza, generalmente Newton [24], [25].

Cohesividad. Fuerza necesaria para destrozarse un alimento en migajas o fragmentos, es la prueba de fuerza positiva entre el área durante la segunda compresión y el área durante la primera compresión, indica la habilidad de soportar rotura bajo compresión y representa la fuerza con la que están unidas las partículas e incluye la propiedad de fracturabilidad, masticabilidad y gomosidad; es adimensional y un valor igual a uno indica que la muestra se recupera completamente luego de la primera compresión [24], [25].

$$\mathbf{Cohesividad} = \frac{\mathbf{Área2}}{\mathbf{Área1}} \quad (1)$$

Elasticidad. Se relaciona con la velocidad de recuperación de un alimento al que se le aplica una fuerza de deformación y del grado al cual el alimento deformado retorna a su condición original cuando finaliza la fuerza deformadora, es decir, recuperación del alimento durante el lapso entre el final del primer mordisco y el inicio del segundo; es adimensional y se define un producto como elástico, maleable etc. [24], [25].

$$\mathbf{Elasticidad} = \frac{\mathbf{Distancia 2}}{\mathbf{Distancia 1}} \quad (2)$$

Masticabilidad. Propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesividad, el tiempo y el número de masticaciones necesarias para que un alimento pueda ser ingerido, generalmente se expresa en unidades de masa (kg) [24], [25].

$$\mathbf{Masticabilidad} = \mathbf{Dureza} * \mathbf{Cohesividad} * \mathbf{Elasticidad} \quad (3)$$

2.1.6.2. Características mecánicas secundarias.

Fracturabilidad. Característica mecánica textural de los alimentos relacionada con el pico inicial de fuerza durante la primera compresión, es decir, se refiere a la dureza con la cual el alimento se desmorona, cruje o revienta [25]. Se expresa en unidades de fuerza, generalmente Newton [25]. Para referirse a este atributo de los alimentos, también se puede utilizar vocabulario como crocante, quebradizo y crujiente [24].

Gomosidad. Es la relación de la dureza por la cohesividad. Se refiere al esfuerzo requerido para desintegrar un alimento semisólido hasta que pueda ser ingerido [25]. El principal adjetivo correspondiente a los diferentes niveles de gomosidad en los alimentos es pastosidad [24]. Se expresa en unidades de fuerza, comúnmente en Newton [25].

$$\mathbf{Gomosidad} = \mathbf{Dureza} * \mathbf{Cohesividad} \quad (4)$$

Adhesividad. Es el área de fuerza negativa en el primer mordisco y representa el trabajo requerido para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los que el alimento entra en contacto [25]. También se define como la fuerza requerida para remover un producto que se adhiere al paladar y se asocia al término pegajoso [24]. Se mide en unidades de trabajo, generalmente Joule [25].

2.1.7. Composición proximal.

Para obtener una categorización muy amplia y un nivel máximo de los componentes de un alimento, en la estación experimental de Weende en Alemania, a mediados del siglo XIX fue diseñado el análisis de composición proximal y consiste en la determinación analítica del contenido de humedad, cenizas, grasa bruta, proteína bruta, fibra bruta y carbohidratos. El término “bruto” se utiliza para indicar que el análisis no determinará compuestos individuales, sino un grupo de sustancias estructural y funcionalmente similares [26].

2.1.7.1. Humedad.

Se fundamenta como la cantidad de agua libre y sustancias volátiles que se disipan por el proceso de secado de las muestras a temperatura controlada, durante un tiempo determinado hasta conseguir peso invariable [26].

2.1.7.2. Cenizas.

Se refiere al residuo mineral total sobrante de la ignición y oxidación completa de la materia orgánica, por lo que el valor porcentual del contenido de ceniza es un indicador del contenido mineral de los alimentos y dependiendo de las características del producto y objetivo del ensayo, este análisis puede realizarse en húmedo o seco [26]. Generalmente se determina en medio seco y se efectúa en muflas a altas temperaturas con el objetivo de evaporar el agua, sustancias volátiles y quemar la materia orgánica en presencia de oxígeno en el aire a dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, mientras que el procedimiento en húmedo consiste en oxidar la materia orgánica usando ácidos y agentes oxidantes y sus combinaciones [26].

2.1.7.3. Grasa.

Se define como el contenido de ácidos grasos, triglicéridos, ésteres, alcoholes de cadena larga, hidrocarburos, ésteres de glicol y esteroides presentes en una matriz alimenticia [26]. El método tradicional se basa en colocar muestras secas de alimentos en un extractor Soxhlet para realizar una extracción continua, utilizando con frecuencia el destilado de petróleo (éter de petróleo) [26].

2.1.7.4. Proteína.

El término proteína se aplica a compuestos nitrogenados, que estructuralmente son polímeros cuyas unidades básicas están formadas por aminos o aminoácidos, unidos por un enlace peptídico [26]. Sin embargo, el método Kjeldahl es el procedimiento más utilizado, pero no determina directamente esta proteína, sino todo tipo de nitrógeno en la muestra, que se expresa como nitrógeno total y en ocasiones el porcentaje de proteína se estima por encima del valor real [26]. Se determina por combustión líquida en la que el nitrógeno es convertido primero a sulfato amónico y finalmente a amoníaco; el amoníaco formado es destilado, se recoge en ácido bórico y se titula con una disolución ácida normalizada [26].

2.1.7.5. Fibra.

A través del tiempo se le ha dado diferentes nombres a la fibra alimentaria, que hasta hace poco se usó ampliamente el término fibra bruta, constituida fundamentalmente por todas aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas; una en medio ácido y otra en medio alcalino, que engloba todos los componentes indigeribles presentes en los alimentos, los cuales son resistentes a las enzimas digestivas de los humanos [26]. Constituye un índice de las sustancias presentes en los alimentos de origen vegetal como la celulosa, hemicelulosa, pentosanas y polisacáridos no amiláceos con un valor nutritivo poco apreciable, junto con pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas, conforman las estructuras celulares de los vegetales [26]. El método tradicional para la determinación de fibra alimentaria está fundamentado en la cuantificación de material indigerible después de la hidrólisis ácida o alcalina de los constituyentes no fibrosos de los alimentos [26].

2.1.7.6. Carbohidratos.

Los hidratos de carbono o glúcidos son compuestos orgánicos que contienen en su estructura una función aldehído o cetona, y el resto de los carbonos generalmente hidroxilados (OH) son por lo tanto polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas [27].

Según el tipo de glúcido, presentan diferentes funciones en el organismo siendo la principal energética, funciones estructurales y de reserva energética, también tienen propiedades sensoriales debido al poder edulcorante de la fructosa o la sacarosa usándose como aditivos industriales [27]. Con frecuencia es determinado por diferencia en lugar de cuantificarse a nivel experimental [26].

2.1.7.7. Energía.

Se define como la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de 1 kg de agua 1 °C [28]. El número de calorías en un alimento es su valor energético, o densidad calórica y se mide en kilocaloría (kcal) [28]. Los valores energéticos de los alimentos son determinados con un dispositivo conocido como calorímetro de bomba, donde la parte interior del calorímetro contiene una cantidad medida de alimento y la parte exterior contiene agua, en el cual la comida se quema y su valor calórico es determinado por el aumento en la temperatura del agua circundante [28]. Los valores energéticos de los alimentos varían en gran cantidad debido a que están determinados por los tipos y las cantidades de nutrientes que cada alimento contiene [28].

Tabla 2. Valores energéticos de carbohidratos, proteínas, grasas y alcohol.

Componente	Calorías
Un gramo de carbohidratos	4
Un gramo de proteínas	4
Un gramo de grasas	9
Un gramo de alcohol	7

Fuente: [28].

2.1.8. Evaluación sensorial.

La evaluación sensorial es una disciplina científica, que desde la antigüedad el hombre percibía propiedades organolépticas de los alimentos a través del uso de uno o más de los sentidos [24]. Mediante este tipo de prueba se pueden clasificar materias primas y productos terminados, además, estar al tanto de lo que opina el consumidor sobre un determinado alimento con respecto al nivel de aceptación o el total rechazo, criterios que se tienen en cuenta en el desarrollo de alimentos con nuevas formulaciones [24].

2.1.8.1. Tipos de evaluación sensorial.

Para realizar una evaluación sensorial en los alimentos existen principalmente tres tipos de pruebas: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas, que se eligen dependiendo del objetivo que se pretende alcanzar en un determinado estudio [29].

2.1.8.1.1. Pruebas afectivas.

Estos tipos de pruebas están enfocadas hacia el consumidor, en la cual los jueces expresan su opinión de manera subjetiva sobre un determinado alimento, indicando si les gusta o les disgusta, si lo aceptan o lo rechazan, o si lo prefieren a otro producto [29]. Para llevarlas a cabo se utilizan un mínimo de 30 jueces no entrenados, que deben ser consumidores habituales o potenciales del alimento a evaluar [29].

Dentro de estas catas se distinguen tres tipos de ensayos: las pruebas de preferencia, las pruebas de grado de satisfacción y las pruebas de aceptación [29].

- **Pruebas de preferencia.**

Se realiza con el objetivo de saber si los jueces prefieren un determinado alimento u otro, donde no se busca discriminar los productos, simplemente se quiere conocer la opinión del consumidor habitual del producto [29].

- **Pruebas de grado de satisfacción.**

Este tipo de prueba se realiza cuando se pretende evaluar más de dos productos a la vez, o se quiere adquirir más información acerca de un alimento que en la prueba anterior [29]. Para medir las sensaciones producidas por el alimento en el juez, ya sean placenteras o desagradables se recurre a un sistema de medición denominado escala hedónica [29].

- **Pruebas de aceptación.**

Este tipo de prueba se la realiza para saber si una persona siente deseo en adquirir un determinado producto, esto es lo que se llama aceptación [29]. Al realizar esta prueba también se deben tomar aspectos culturales, socioeconómicos, etc., ya que no sólo depende de la impresión agradable o desagradable que reciba el consumidor al probar el alimento [29].

2.1.8.1.2. Pruebas discriminativas.

Estas pruebas se las realizan con el objetivo de establecer si existe o no diferencia entre dos o más muestras y, en algunos casos, la dimensión de esa diferencia [29]. Se las utiliza con mucha frecuencia en el control de la calidad debido a que permiten verificar si las muestras de un lote están siendo producidas de manera uniforme, también se utilizan para comprar con muestras testigos o de referencia [29]. Para pruebas discriminativas sencillas se pueden utilizar panelistas semi-entrenados y para pruebas complejas es preferible contar con jueces entrenados [29].

Dentro de este tipo de prueba se pueden establecer dos grupos en función de los objetivos buscados y se describen a continuación:

Pruebas sencillas. Se realizan para determinar diferencias entre dos o más muestras y dentro de estas catas se encuentran la prueba triangular, la prueba dúo-trío, la prueba dos de cinco, la prueba comparación apareada simple, la prueba A no A, la prueba de diferencia a muestra control, y la prueba de similitud [29].

Pruebas complejas. Se realizan para determinar diferencias y variación de un determinado atributo entre dos o más muestras [29]. Dentro de estas catas se encuentra la prueba de comparación por pares, la prueba de rangos en parejas (análisis de Friedman) y las pruebas de comparación múltiple [29].

A continuación, se describirán brevemente las más utilizadas:

- **Prueba triangular.**

Es una prueba de diferenciación y juicio forzado en la que se presentan simultáneamente tres muestras, dos de ellas iguales entre sí y el juez debe identificar cuál es la muestra diferente, de manera que siempre hay que dar una respuesta y la interpretación de las respuestas se realiza mediante tablas en las que se describe el número mínimo de respuestas correctas para establecer diferencias significativas [29]. Se suelen utilizar entre 20 y 40 jueces, pero con diferencias suficientemente apreciables basta con 12 [29].

- **Prueba de comparación apareada simple.**

Se les presentan a los catadores dos muestras de alimentos, para que las comparen en base a un atributo sensorial y revelen cuál de ellas tiene mayor intensidad del mencionado atributo [29].

La interpretación de los resultados se realiza mediante una tabla como prueba de una cola, buscando el número de aciertos para establecer la diferencia significativa. Al ser una prueba muy sencilla no hay riesgo de que los jueces lleguen a tener fatiga sensorial [29].

- **Prueba dúo-trío.**

En esta prueba de juicio forzado donde se presentan tres muestras de alimentos a los jueces de forma simultánea, de las cuales una está identificada como referencia y las otras dos están codificadas, siendo una de ellas igual a la muestra de referencia [29]. Se presentan todas las muestras simultáneamente, donde se debe probar en primer lugar la de referencia por el juez y debe indicar cuál es la muestra igual a la de referencia [29]. La interpretación de los datos se realiza por medio de la misma tabla que se utiliza en la prueba de comparación apareada simple [29].

2.1.8.1.3. Pruebas descriptivas.

En este tipo de pruebas, el objetivo es determinar las características del alimento y medirlas con la mayor objetividad posible [29]. En este caso, la preferencia de los jueces no es lo interesante, ni si encuentran alguna diferencia, sino qué tan intensas son las propiedades del alimento, de manera que estas pruebas proporcionan más información que otras, pero son más complejas debido a la rigurosa formación de los árbitros y la interpretación de los resultados también es más laboriosa [29]. Son las pruebas más utilizadas en la mayoría de las investigaciones sensoriales en la actualidad porque son los más objetivas y fiables [29].

Cuando un analista sensorial necesita desarrollar un análisis descriptivo para un determinado producto, debe revisar la literatura disponible, analizar diferentes métodos, pero debe elegir el método o combinación de varios métodos que mejor se adapte a sus necesidades e incluso realizar las modificaciones necesarias a los métodos existentes para obtener los resultados más comprensibles, repetibles y confiables para su producto [29].

2.2. Marco referencial.

Desde un punto de vista nutricional, según Alborta Maire (2018), un alimento es todo producto que por sus componentes químicos y por sus características organolépticas, puede formar parte de una dieta y aportar los nutrientes que resultan necesarios para mantener al organismo en un buen estado de salud. En el caso de la harina de trigo los principales nutrientes presentes en este alimento son los carbohidratos (principalmente almidón), seguidos de proteínas (gluten), grasas, vitaminas y sales minerales [30].

En un estudio Quilca Paola (2020), concluye que al fortificar con 10 % de harina de chocho la harina de trigo llega a tener 13.80 % de proteína, sin alterar significativamente su olor y color, así como su sabor y textura en la elaboración de pan [31], lo cual se quiere evidenciar en la elaboración de galletas.

Para Alborta Maire (2018), las galletas son un producto de panificación, de contextura crocante y más o menos dura y de forma variable, pueden ser saladas, dulces, de crema, de agua, rellenas, simples, integrales con salvado y fortificadas o enriquecidas [30]. Según López Manuel (2013), el color, sabor y textura son los tres principales atributos que determinan la aceptabilidad de un alimento ya que si este no presenta las características deseadas no será aceptado [32]. Para Luyo Jimena (2017), la crujencia y dureza de las galletas, se debe principalmente al contenido de humedad, que en comparación con otro tipo de galletas es mínimo y los factores que contribuyen a esta característica es la baja proporción de líquido en la mezcla, el alto contenido de grasa y azúcar que facilita el manejo de la mezcla, los tiempos de horneado suficientes para evaporar la mayor cantidad humedad [33].

En el 2020 Analuisa et al., menciona que en el Ecuador existen alrededor de 8.000 hectáreas de tarwi sembradas, un producto vegetal que por sus propiedades nutritivas representa una alternativa excelente para la preparación de alimentos [34], principalmente por el contenido de proteínas es de 47.7% de proteína en el análisis químico proximal, y también la evaluación de la digestibilidad se aproxima a la de la caseína siempre y cuando se haya aplicado un proceso de desamargado y un tratamiento tecnológico adecuado que no implique la pérdida de nutrientes según León Mayra (2017) [35].

De igual manera sucede con el mucílago de cacao, como lo ha determinado el laboratorio de nutrición y calidad Santa Catalina INIAP de la ciudad de Quito-Ecuador, indicando que la cantidad de nutrientes, fibras, proteínas y azúcares que contiene este valioso recurso, es saludable para la alimentación diaria, el mismo que es cien por ciento energizante [3].

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

Como parte inicial de la metodología de esta investigación (elaboración las galletas) fueron realizadas en la planta de Operaciones Unitarias y Agro alimentos de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, mientras que los análisis (composición proximal) se llevaron a cabo en el laboratorio Bromatológico de la Facultad de Ciencias Agrarias, ubicados en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, la misma que está ubicada en el Km 7.5 vía Quevedo – El Empalme, entrada al cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Por otra parte, los análisis (texturales) se efectuaron en los laboratorios de investigación de alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de La Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí (ULEAM) ubicada en la Av. Circunvalación, Manta - Vía a San Mateo.

Tabla 3. Condiciones meteorológicas Finca Experimental “La María”.

Datos	Valores Promedio
Humedad Relativa (%)	86 %
Temperatura °C	20-24 °C
Precipitación (mm anual)	3071.26 mm
Heliofanía	626 h/luz
Ubicación Geográficas	01° 05` 20” de latitud sur y 79° 27` 21” de latitud oeste y a una altura de 110 metros sobre el nivel del mar

Fuente: [36].

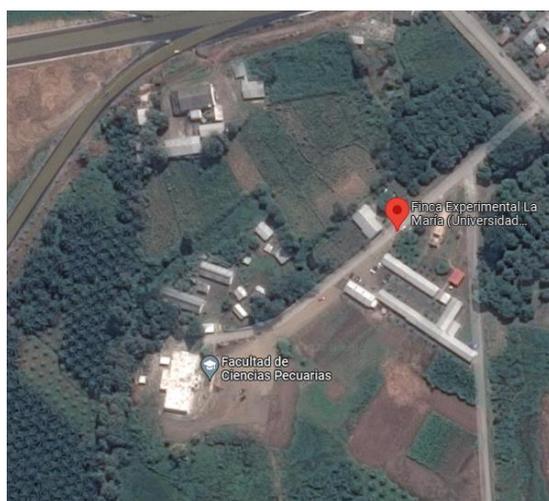


Figura 2: Finca Experimental La María (Universidad Técnica Estatal de Quevedo).

3.2. Tipos de investigación.

Para el desarrollo de esta investigación cuyo tema: “Fórmula de una galleta a partir de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y trigo (*Triticum L.*) rellena con mucílago de cacao”, se utilizaron los siguientes tipos de investigaciones.

3.2.1. Investigación experimental.

Mediante este tipo de investigación se pudo identificar el mejor tratamiento con mejores características mecánicas, composición proximal y sensoriales (olor, color, sabor, dureza y crujencia). Además de ello se nos permitió establecer las proporciones óptimas de las mezclas (harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar) para la elaboración de la galleta rellena con mucílago de cacao.

3.2.2. Investigación bibliográfica.

Para el desarrollo del trabajo también fue fundamental utilizar la investigación bibliográfica debido a que esta nos permitió recopilar información de libros, revistas e investigaciones científicas acerca la harina tarwi, trigo conjuntamente del resto de ingredientes a utilizar con la respectiva función, métodos de elaboración de galletas, rellenos de galletas, métodos analíticos, tipos de evaluación sensorial.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Materia prima.

En este estudio para elaborar las galletas rellenas se utilizó harina de tarwi que se logró adquirir en la ciudad de Azogues, provincia de Cañar, mientras que la harina de trigo, mantequilla, azúcar, sal, leche en polvo, almidón, bicarbonato de sodio, leche entera y especias, en la ciudad de Quevedo, provincia de los Ríos. El mucílago de la variedad Clon CNN-51 se obtuvo en las fincas de la asociación de agricultores del Recinto Boca de Tigre, cantón Pichincha, provincia de Manabí.

3.3.2. Muestreo.

La adquisición de los ingredientes para el desarrollo de las galletas se llevó a cabo en dos ocasiones y se trabajó con productos de las mismas marcas en las dos fases del proyecto.

El mucílago se recolectó por tres ocasiones, debido a que se realizaron pruebas preliminares para la elaboración del relleno, se tomaron en cuenta recomendaciones de control en la materia prima descritas por De La Cruz [37], siendo la ausencia de daño provocado por microorganismos sobre la corteza y coloración características de la variedad.

3.3.2.1. Descripción del proceso de elaboración de las galletas.

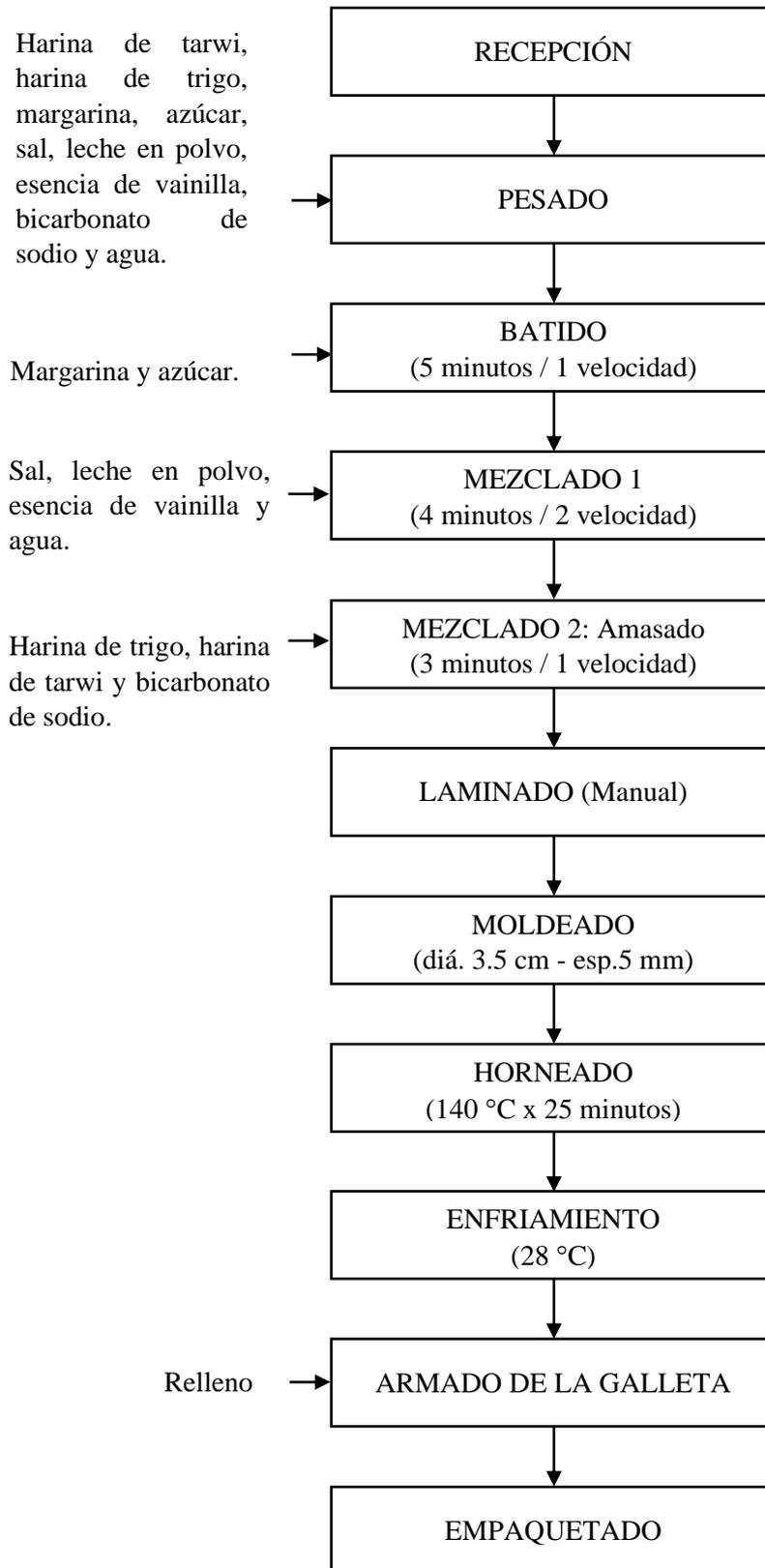
Tanto para las galletas y el relleno los equipos utilizados fueron de acero inoxidable, que fueron higienizados de acuerdo con los procedimientos generalmente aceptados y empleados en la industria de alimentos [20]. En el proceso de elaboración de las galletas se utilizó el método de punto pomada (creaming-method) para el mezclado [14], y también las sugerencias de Jiménez (2000) descritas en el trabajo de Machuca y Meyhuay [15].

Los porcentajes de las formulaciones para las galletas en la primera y segunda fase se explican en el punto 3.5.1. y 3.5.2. respectivamente, a continuación, se describe el proceso:

- Inicialmente se colocó en un recipiente de acero inoxidable el azúcar y la mantequilla.
- Inmediatamente se ejecutó el batido, hasta lograr eliminar los gránulos de azúcar y así obtener una masa suave; se utilizó una batidora de mano a velocidad 1, por un tiempo de 5 minutos.
- Posteriormente se le añadió la sal, leche en polvo, esencia de vainilla, agua y se continuó con el batido hasta obtener una masa uniforme. Se mezcló con la batidora, a una velocidad 2, durante 4 minutos, por cada medio minuto se limpiaron las paredes del recipiente y paletas.
- Luego se incorporó la harina de tarwi, harina de trigo y el bicarbonato de sodio, y con la ayuda de la batidora se mezcló y amasó a velocidad 1, durante 3 minutos.
- Seguidamente se llevó la masa a reposar por unos 10 minutos.
- Se tomaron porciones de aproximadamente 50 gramos para proceder a realizar el laminado con la ayuda de un rodillo de madera, a la masa sobre la superficie lisa se la retiró y se cortó en círculos con un molde de 5 mm de espesor y 4 cm de diámetro.
- Las galletas se llevaron a hornear, a una temperatura de 140 °C por 25 minutos.

- Para finalizar las galletas obtenidas se enfriaron a temperatura ambiente (28 °C), con el objetivo de facilitar la operación de la incorporación del relleno y finalmente se realizó el empackado en las fundas ziploc.

3.3.2.1.1. Diagrama de flujo para el desarrollo de las galletas.



Fuente: Autores.

3.3.2.2. Descripción del proceso de la elaboración del relleno de galleta a base de mucílago de cacao.

- **Fórmula.**

La cantidad de los ingredientes que se muestran en la tabla 4 se incorporaron según la cantidad de leche a procesar y la elección de los componentes de la fórmula del relleno se realizó en función de las características deseadas del producto final, siendo las siguientes:

- Consistencia cremosa o pastosa
- Sin cristales perceptibles sensorialmente
- De color pardo opaco
- El sabor y olor lácteo con un dulce característico
- Sin sabores ni olores extraños

Tabla 4. Fórmula del relleno con mucílago de cacao CNN-51.

Componente	Cantidad	Unidad
Azúcar	18	%
Mucílago de cacao	10	%
Leche en polvo	3	%
Almidón de yuca	3	%
Bicarbonato de sodio	1	g/L
Canela	2	g/L
Pimienta dulce	2	g/L
Anís estrellado	2	g/L

Fuente: Autores.

- **Preparación del mucílago**

Una vez cosechadas las mazorcas de cacao de la variedad clon CNN-51 fueron lavadas con una solución clorada al 1 %, para luego ser cortadas de forma manual por la mitad, seguidamente se extrajeron las semillas de la mazorca para retirar el maguey y colocarlas en un recipiente.

Posteriormente, se colocaron las semillas en un tamiz de acero inoxidable para proceder a la extracción de mucílago y realizarle una estabilización química como describe Vallejo et al., [23], agregándole ácido ascórbico en una proporción de 400 ppm, con base en la cantidad de litros a estabilizar y se ubicó en refrigeración a 4 °C por un corto periodo hasta incorporarlo al proceso.

- **Elaboración del relleno**

La primera operación fue el filtrado de la leche por medio un colador de acero inoxidable y su importancia se debe porque requiere la remoción de partículas e impurezas físicas obtenidas durante las etapas de ordeño.

Inmediatamente se realizó la pasteurización a 63 °C por 30 minutos para eliminar los patógenos, destruir las enzimas indeseables y reducir la cantidad de microorganismos viables que deterioran la leche.

Posteriormente con el bicarbonato de sodio se realizó la neutralización, para evitar la coagulación de la caseína por la concentración de ácido láctico y el descenso del pH por debajo de 4.7, a medida que se evapora el agua de la leche.

Para mejorar el perfil sensorial del relleno, se adicionó especias como canela (2 g/L), pimienta dulce (2 g/L) y anís estrellado (2 g/L) una vez que la leche posea una temperatura de 30 °C.

El almidón se incorporó en la leche cuando alcance una temperatura de 40 °C y se mezcló por 2 minutos hasta disolverse totalmente, enseguida esta operación se repite para la leche en polvo y el azúcar.

Se calentó a presión atmosférica la mezcla para eliminar el agua por evaporación y remover constantemente para evitar que se formen grumos y se peguen a las paredes y fondo del recipiente. Cuando la mezcla alcanza una concentración de 45 °Brix se adiciona el mucílago de cacao.

Una vez alcanzada la concentración final de 65 °Brix se procedió con el enfriamiento a 70 °C agitando vigorosamente para acelerar la operación y realizar el envasado en recipientes de vidrio lavados esterilizados y secos.

3.3.2.2.1. Diagrama del proceso para el desarrollo del relleno.

Leche fresca, bicarbonato de sodio, canela, pimienta dulce, anís estrellado, almidón de yuca, leche en polvo, azúcar y mucílago de cacao

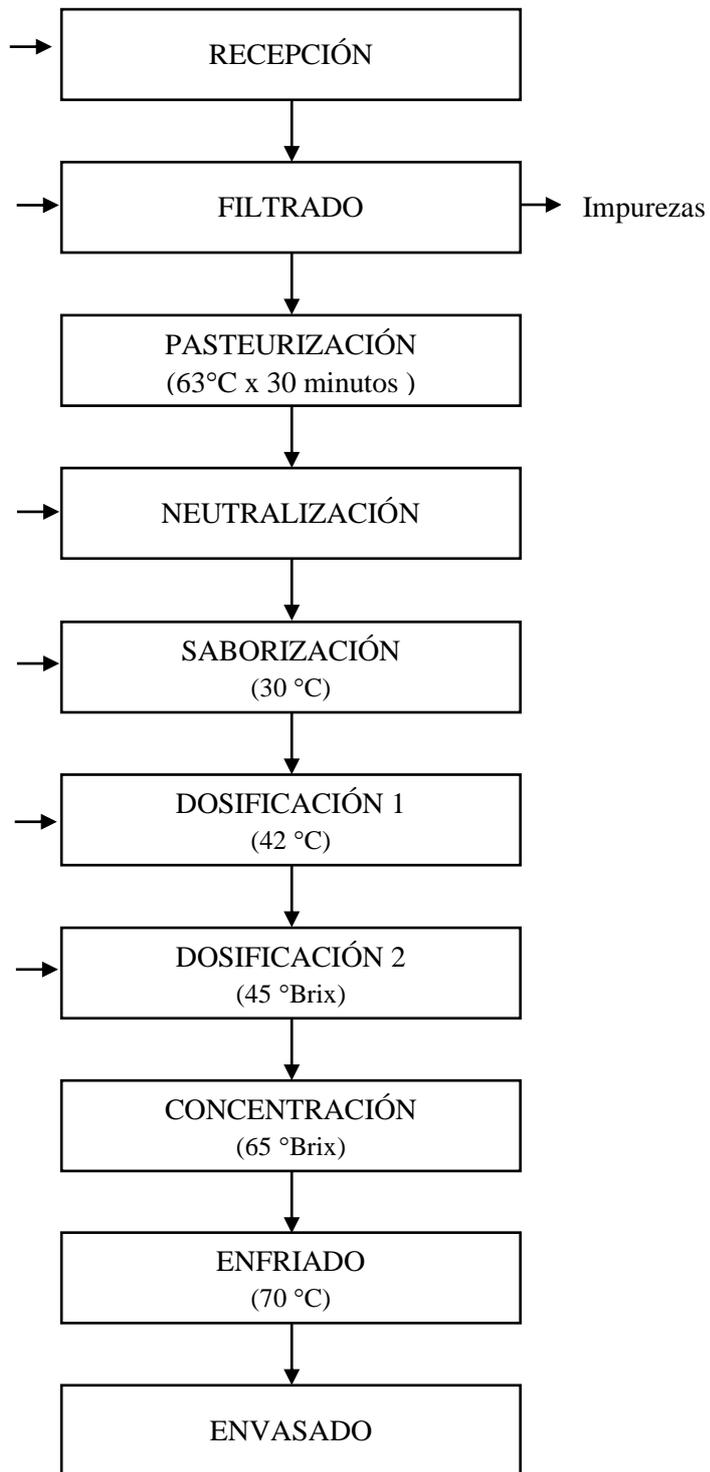
Leche fresca 1L

Bicarbonato de sodio 1g

Canela 2 g/L, pimienta dulce 2 g/L y anís estrellado 2 g/L

Almidón de yuca 3 %, leche en polvo 3 % y azúcar 18 %

Mucílago de cacao 10%



Fuente: Autores.

3.3.3. Caracterización de las galletas.

A continuación, se describe el uso de métodos analíticos y el método subjetivo de la evaluación sensorial, que se utilizaron para la caracterización de la galleta durante la primera y segunda fase.

3.3.3.1. Análisis texturales.

El análisis textural de las propiedades mecánicas de fracturabilidad y dureza se llevó a cabo utilizando un texturómetro marca Shimadzu Ez-LX.

3.3.3.1.1. Determinación de fracturabilidad.

Para la fracturabilidad se empleó la metodología descrita por Soler et al., y se utilizó una sonda de cuchilla sin filo, con una velocidad de descenso de 2 mm/s y una distancia de penetración de 6 mm, con una fuerza de contacto de 0.050986 Kilogramo-fuerza [38].

3.3.3.1.2. Determinación de dureza.

La medición de la dureza de las galletas se llevó a cabo con la metodología de Soler et al., y consistió en el uso de una sonda cilíndrica de punta esférica con una velocidad de descenso de 2 mm/s y una distancia de penetración de 5 mm, con una fuerza de contacto de 0,5 Newton [38].

3.3.3.2. Análisis de composición proximal.

Estos análisis se realizaron bajo los métodos del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN; para humedad (518:1981), proteína (519:1981), cenizas (520:2013), fibra cruda (522:1980), grasa (523: 1981).

3.3.3.2.1. Determinación de humedad.

Para la determinación de humedad se utilizó como guía la norma INEN 518:1980 [39]. Este análisis se basa en la pérdida de peso de una muestra de galleta en crisoles de porcelana, colocada en un horno con circulación de aire llamado estufa a una temperatura 130 ± 3 °C, durante un tiempo determinado hasta alcanzar peso constante, el cálculo se realizó mediante la ecuación 1.

$$P_c = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_3} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Siendo:

P_c = Pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa.

m₁ = Crisol vacío, en gramos.

m₂ = Crisol con la muestra sin secar, en gramos.

m₃ = Crisol con la muestra seca, en gramos.

3.3.3.2.2. Determinación de proteína.

El valor de proteína en las galletas se determinó mediante la guía de la norma INEN 519:1980 [40]. El método se basa en la digestión de proteínas y otros componentes orgánicos de la muestra de galleta con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador, ocasionando liberación del nitrógeno de la proteína y transformación a sal de amonio. El gas de amoníaco se libera tras la adición de exceso de hidróxido de sodio, y se destila en una solución de ácido bórico para formar el complejo de amonio borato. El amoniaco liberado desde el complejo se titula con ácido clorhídrico estandarizado, y se realizó el cálculo mediante la ecuación 2.

$$PB = \frac{(VHCl - Vb) * 1.401 * NHCl * F}{g. muestra} \times 100 \quad Ec. 2$$

Siendo:

1.401= Peso atómico del nitrógeno.

NHCl= Normalidad de ácido clorhídrico 0.1 N.

F= Factor de conversión (6.25).

VHCl= Volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación.

Vb= Volumen del blanco (0.3).

3.3.3.2.3. Determinación de cenizas.

El análisis de cenizas se realizó con la metodología de la norma INEN 520:2013 [41]. El fundamento es la pérdida de peso que ocurre durante la incineración de muestras de galletas a una temperatura de 550 ± 15 °C logrando eliminar toda la materia orgánica, sin que ocurra descomposición apreciable de los constituyentes de las cenizas o pérdidas por volatilización, durante un tiempo determinado hasta obtener las cenizas de un color gris claro libre de partículas de carbón, el cálculo se ejecutó mediante la ecuación 3.

$$C = \frac{100(m_3 - m_1)}{(100 - H) - (m_2 - m_1)} \quad Ec. 3$$

Siendo:

C = contenido de cenizas.

m₁ = masa del crisol vacío, en gramos.

m₂ = masa del crisol con la muestra, en gramos.

m₃ = masa del crisol con las cenizas, en gramos.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

3.3.3.2.4. Determinación de fibra cruda.

El porcentaje de fibra cruda se determinó con la norma INEN 522:1980 [42]. Esta prueba permite determinar con relativa facilidad la presencia de pequeñas cantidades de fibra en la galleta. El volumen del sedimento medido depende, en cierto modo, de la finura de la fibra. La presencia de cualquier indicio de fibra, pulpa u otra impureza son determinadas por medio de una hidrólisis ácida moderada e incineración del residuo de la muestra. Se realizó un solo ensayo en blanco con todos los reactivos. El cálculo se efectuó mediante la ecuación 4.

$$F_c = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Siendo:

Fc = contenido de fibra cruda, en porcentaje de masa.

m = masa de la muestra desengrasada y seca, en gramos.

m₁ = masa de crisol conteniendo asbestos y la fibra seca, en gramos.

m₂ = masa de crisol conteniendo asbesto después de ser incinerado, en gramos.

m₃ = masa de crisol del ensayo en blanco conteniendo asbestos, en gramos.

m₄ = masa de crisol del ensayo en blanco conteniendo asbesto, después de ser incinerado, en gramos.

3.3.3.2.5. Determinación de grasa.

El método que se utilizó para la determinación de grasa fue de la norma INEN 523:1980 [43]. Se basa en la solubilidad de las grasas en un disolvente orgánico. El contenido graso de la muestra de galleta se extrae de forma semicontinua (Soxhlet) o continua (Goldfish), utilizando un disolvente orgánico (éter de petróleo) que se volatiliza por la acción del calor, y luego, se recupera por condensación. De esta manera se logra extraer la grasa por arrastre, y se recolecta en un balón de fondo plano. El cálculo se efectuó mediante la ecuación 5.

$$G = \frac{(m_2 - m_1)}{m (100 - H)} \times 100 \quad \text{Ec. 5}$$

Siendo:

G = contenido de grasa.

m = masa de la muestra, en gramos.

m₁ = masa del vaso beacker vacío, en gramos.

m₂ = masa del vaso beacker con grasa, en gramos.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

3.3.3.2.6. Determinación de carbohidratos.

El contenido total de carbohidratos se calculó mediante el método propuesto por la FAO [44], empleado por Silva et al., [45], mediante la diferencia del 100 % y la suma de los porcentajes de humedad, cenizas, grasa y proteína. La ecuación 6 permitió el cálculo y se muestra a continuación:

$$100 - (\text{peso en gr [humedad + cenizas + grasa + proteína] en 100 g de alimentos}) \quad \text{Ec. 6}$$

3.3.3.2.7. Determinación de energía.

Para los valores energéticos totales se utilizó el método sugerido por la FAO [44], empleado por Silva et al., [45] y consistió en calcular de acuerdo con los factores generales de conversión de Atwater: valor energético total (kcal / 100 g) = (% proteína x 4 kcal / g) + (% lípidos x 9 kcal / g) + (% carbohidratos x 4 kcal / g).

3.3.3.3. Evaluación sensorial.

Para el análisis sensorial de las galletas en la primera y segunda fase se realizó según la metodología descrita por Silva et al., [45], y consiste en evaluar las galletas bajo una prueba afectiva con escala hedónica verbal estructurada de nueve puntos, a panelistas no entrenados (consumidores de galletas) los cuales degustaron una muestra de galleta. Para realizar la evaluación de la fórmula base se utilizaron 30 jueces no entrenados (consumidores de galletas) como lo recomienda Cordero [29], y para la optimización de la fórmula en la segunda fase se contó con 18 panelistas.

Los atributos y la escala estructurada de 9 puntos para la primera fase fue la siguiente:

- **Olor, color, sabor, dureza y crujencia:** Me gusta muchísimo = 9, me gusta mucho = 8, me gusta bastante = 7, me gusta ligeramente = 6, ni me gusta, ni me disgusta = 5, me disgusta ligeramente = 4, me disgusta bastante = 3, me disgusta mucho = 2, me disgusta muchísimo = 1 [45].

Los atributos y la escala estructurada de 9 puntos para la segunda fase fue la siguiente:

— **Sabor y apariencia:** Me gusta muchísimo = 9, me gusta mucho = 8, me gusta bastante = 7, me gusta ligeramente = 6, ni me gusta, ni me disgusta = 5, me disgusta ligeramente = 4, me disgusta bastante = 3, me disgusta mucho = 2, me disgusta muchísimo = 1 [45].

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Para la presente investigación se obtuvo información de libros, revistas y artículos científicos, y las normas INEN, mostrando así que esta investigación es de fuentes confiables.

3.5. Diseño de la investigación.

Este estudio fue estructurado en tres fases, la primera consistió en aplicar un diseño de experimentos completo al azar (D.C.A) para evaluar los cinco tratamientos con distintos porcentajes de harinas (tarwi - trigo) que permitió determinar el tratamiento con mejores características mecánicas (dureza, fracturabilidad), composición proximal (humedad, proteína, cenizas, fibra cruda, grasa, carbohidratos, energía) y sensoriales (olor, color, sabor, dureza y crujencia).

En la segunda fase se realizó un diseño de mezclas tomando como base los porcentajes de harina de tarwi (harina de tarwi) y trigo (harina de trigo) del mejor tratamiento de la fase anterior, que permitió completar los rangos mínimos y máximos de los cuatro componentes con el propósito de optimizar las proporciones de los ingredientes mayoritarios (harina de trigo, harina de tarwi, margarina y azúcar). Las variables de respuesta son fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia.

Y finalmente al encontrar las proporciones óptimas de las mezclas (harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar), se elaboró la galleta y se le adicionó el relleno saborizado a partir de mucílago de cacao.

3.5.1. Diseño experimental DCA.

El diseño unifactorial D.C.A. (Diseño Completo al Azar) se utilizó con una significancia del 95 % y para comparar diferencias entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de rangos múltiples de LSD ($p < 0.05$). Se evaluaron cinco tratamientos, con tres repeticiones para el análisis proximal siendo un total de quince unidades experimentales. El tratamiento 1 y 5 fueron de control.

Tabla 5. Descripción de los tratamientos del diseño DCA.

Tratamiento	Descripción
T1	100 % de harina de tarwi y 0 % de harina de trigo
T2	75 % de harina de tarwi y 25 % de harina de trigo
T3	50 % de harina de tarwi y 50 % de harina de trigo
T4	25 % de harina de tarwi y 75 % de harina de trigo
T5	0 % de harina de tarwi y 100 % de harina de trigo

Fuente: Autores.

En el caso del resto de ingredientes utilizados en la fórmula base los porcentajes se mantuvieron constantes, siendo la margarina (70 %), azúcar (40 %), sal (1 %), leche en polvo (10 %), bicarbonato de sodio (0.8 %), esencia de vainilla (0.8 %), agua (8.5 %), todos estos ingredientes con sus porcentajes están establecidos en función del 100 % de harina utilizada en los tratamientos descritos en la tabla 5.

Tabla 6. Esquema del análisis de varianza para el diseño DCA.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F _o
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	k - 1	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{k - 1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	N - k	$CM_E = \frac{SC_E}{N - 1}$	
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	N - 1		

Fuente: [46].

3.5.2. Diseño de mezclas.

Se empleó un diseño del tipo simplex con centroide modelo cúbico especial con 18 combinaciones entre los factores incluyendo 3 puntos replicados, además, para la determinación de este polinomio canónico de Scheffé se realizará un análisis de varianza y prueba de significancia de coeficientes con un nivel de significación de $\alpha=0.05$. En la tabla 5 se muestran los rangos de los componentes A y B que se establecieron después de la primera fase, mientras que C y D se fijaron tomando como referencia trabajos previos de formulaciones de galletas.

Tabla 7. Descripción de los componentes del diseño de mezclas.

Componente	Cantidad (Rango)		Unidad
	Mínimo	Máximo	
A: harina de tarwi	15	25	%
B: harina de trigo	75	85	%
C: margarina	60	70	%
D: azúcar	40	50	%

Fuente: Autores.

Los rangos establecidos para los componentes de las mezclas codificados de 0 a 1 según el valor mínimo o máximo se pueden observar en la tabla 6.

Tabla 8. Descripción de los tratamientos del diseño de mezclas.

	H. Tarwi	H. Trigo	Margarina	Azúcar
1	0.333333	0.333333	0.0	0.333333
2	0.333333	0.0	0.333333	0.333333
3	0.0	0.5	0.5	0.0
4	0.0	0.0	0.5	0.5
5	0.0	0.333333	0.333333	0.333333
6	0.0	0.5	0.0	0.5
7	0.5	0.5	0.0	0.0
8	0.0	1.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	1.0
10	0.5	0.0	0.0	0.5
11	0.0	0.0	1.0	0.0
12	0.5	0.0	0.5	0.0
13	0.333333	0.333333	0.333333	0.0
14	1.0	0.0	0.0	0.0
15	0.25	0.25	0.25	0.25
16	1.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	1.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	1.0	0.0

Fuente: Autores.

3.5.2.1. Diseño de mezclas simplex con centroide.

Permitió analizar el efecto sinérgico entre los ingredientes mayoritarios de la formulación de la galleta. Este diseño incluye observaciones de mezclas puras, binarias, ternarias y cuaternarias. La siguiente figura 3 representa los quince puntos del diseño para los cuatro componentes (ingredientes), cuyos porcentajes o proporciones son expresados por X_1 (harina de tarwi), X_2 (harina de trigo), X_3 (margarina) y X_4 (azúcar).

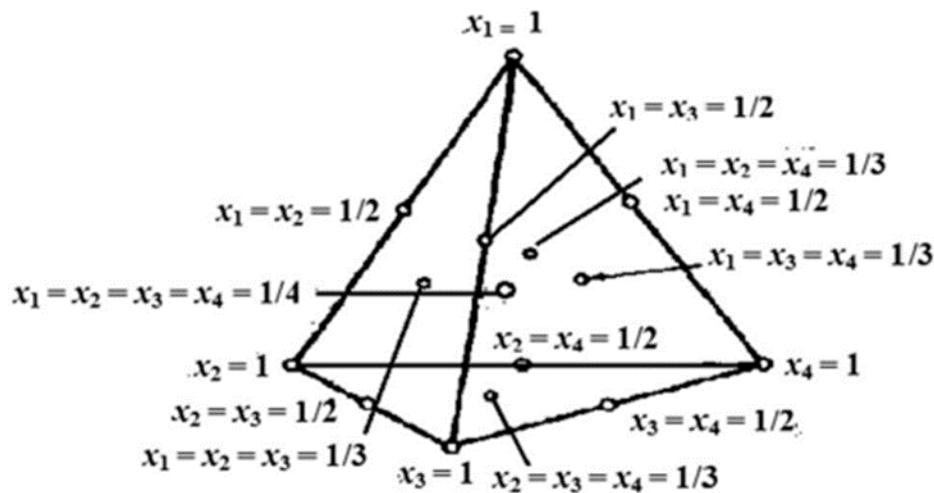


Figura 3: Diseños simplex-centroide para cuatro componentes.

Fuente: [47].

- Los vértices corresponden a mezclas puras
- Las aristas a mezclas binarias
- Las caras corresponden a mezclas ternarias
- Los puntos interiores a mezclas cuaternarias

El diseño simplex con centroide es un diseño en el sistema de coordenadas simplex que se compone de mezclas que contienen 1, 2, 3, ... o k componentes en proporciones iguales. En consecuencia, existen k mezclas de una componente, todas las mezclas posibles de dos componentes con proporción $\frac{1}{2}$ para cada una, todas las mezclas posibles de tres componentes con proporción $\frac{1}{3}$ para cada una, etc., hasta una mezcla de k componentes con proporción de $\frac{1}{k}$ [48].

3.5.2.2. Modelo cúbico especial.

El objetivo en el problema de mezclas es encontrar un modelo que permita pronosticar el valor de la variable dependiente Y (fracturabilidad, proteína, sabor, apariencia), en función de sus componentes, donde el parámetro β_i representa el efecto del i-ésimo componente puro, β_{ij} el efecto de la interacción entre los componentes i y j, β_{ijk} el efecto de la interacción triple entre los componentes i, j y k [49].

Modelo de ajuste para los componentes está dado por:

$$E(Y) = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3 \quad \text{Ec. 7}$$

En general, el modelo cúbico especial para los componentes está denotado de la siguiente manera:

$$E(Y) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j}^q \sum_{j=2}^q \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j}^q \sum_{j<k}^q \sum_{k=3}^q \beta_{ijk} x_i x_j x_k \quad \text{Ec. 8}$$

3.6. Instrumentos de investigación.

3.6.1. Variables de estudio.

- Dureza (N)
- Fracturabilidad (Kgf)
- Humedad (%)
- Proteína (%)
- Cenizas (%)
- Fibra Cruda (%)
- Grasa (%)
- Carbohidratos (%)
- Energía (Kcal)
- Olor, color, sabor, dureza, crujencia y apariencia

3.7. Tratamiento de los datos.

Los datos reportados se analizaron en un computador personal, el diseño completo al azar y mezclas en el programa Statgraphics; versión 16.1, las gráficas de la optimización de la mezcla se obtuvieron mediante el software Design-Expert® versión 11 y los resultados de las pruebas afectivas (evaluación sensorial) en el paquete estadístico IBM SPSS; versión 26. Recursos humanos y materiales.

3.7.1. Recursos humanos.

Ing. Andrea Cristina Cortez Espinoza, M.Sc. Tutora-UTEQ.

Víctor Jhoel Cabrera Mera. Tesista-UTEQ.

Jennifer Ivana Benavides Panchana. Tesista-UTEQ.

- **Colaborador**

Ing. Luis Alberto Egas Astudillo PhD, UTEQ.

3.7.2. Recursos materiales.

3.7.2.1. Materiales de laboratorio.

- Desecador con silicagel
- Probetas
- Buretas y accesorios
- Matraz Kjeldahl
- Matraz Erlenmeyer
- Pinzas
- Espátula
- Crisoles de porcelana
- Crisoles porosos
- Cápsulas de porcelana
- Vasos Beacker para grasa
- Dedales de extracción
- Portadedales
- Vasos para recuperación del solvente
- Gradilla
- Gotero
- Matraz Kitasato

- Lana de vidrio
- Sonda de punta esférica
- Sonda de cuchilla sin filo

3.7.2.2. Equipos.

- Estufa
- Mufla
- Balanza analítica
- Aparato Kjeldahl
- Aparato Goldfish
- Aparato Dosi-Fiber
- Bomba de vacío
- Texturometro
- Microondas
- Batidora de mano

3.7.2.3. Reactivos.

- Ácido sulfúrico concentrado 96% (d= 1.84)
- Solución de hidróxido de sodio al 40%
- Solución de ácido bórico al 2%
- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N (HCl), debidamente estandarizada
- Tabletas catalizadoras
- Indicador Kjeldahl
- Agua destilada
- Ácido Sulfúrico H_2SO_4 0.180M
- Hidróxido de potasio KOH
- Octanol como antiespumante
- Acetona
- Éter de petróleo

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características texturales de la fórmula base.

Los valores que se muestran en la tabla 9 son los resultados de las pruebas mecánicas texturales al evaluar las cinco formulaciones con distintos porcentajes de harina de tarwi y trigo.

Tabla 9. Caracterización textural de las galletas.

Pruebas de textura	Porcentajes de harina de tarwi y trigo respectivamente					ANOVA
	100 % - 0 %	75 % - 25 %	50 % - 50 %	25 % - 75 %	0 % - 100 %	p - valor
Dureza (N)	19.04 ± 0.88 ^a	22.57 ± 0.51 ^b	25.77 ± 0.28 ^c	27.65 ± 0.33 ^d	29.89 ± 0.02 ^e	p=0.000<0.05
Fracturabilidad (Kgf)	0.24 ± 0.02 ^a	0.35 ± 0.01 ^b	0.41 ± 0.01 ^c	0.46 ± 0.01 ^d	0.49 ± 0.02 ^e	p=0.000<0.05

Tabla 9. Los valores muestran la media (n=3) con la desviación estándar (±) y el superíndice con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) según la prueba LSD de Fisher.

En la tabla 9, se reportan los valores de las pruebas texturales, mostrando que los distintos porcentajes de harina de tarwi y trigo en los cinco tratamientos estudiados presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Se puede observar que al disminuir el porcentaje de harina de tarwi en la fórmula de las galletas aumenta su dureza y fracturabilidad.

En los tratamientos de control, el T5 (0 % de harina de tarwi - 100 % harina de trigo) presentó mayor dureza, requiriendo una fuerza máxima de 29.89 ± 0.02 N para lograr atravesar las galletas, Ponce [13], encontró un valor de dureza en galletas de trigo de 26.13 ± 5.28 N, mientras que el T1 (100 % de harina de tarwi - 0 % harina de trigo) presentó una notable disminución en la fuerza máxima requerida para la deformación de las galletas, necesitando 19.04 ± 0.88 N. La incorporación de un 25 % de harina de tarwi (T4) demostró tener mejor dureza 27.65 ± 0.33 N por deformarse menos, lo cual puede estar relacionado con el porcentaje proteína de la harina de tarwi y el contenido de humedad.

En la prueba de fracturabilidad, el T5 (0 % de harina de tarwi - 100 % harina de trigo) demostró ser el menos quebradizo necesitando 0.49 ± 0.02 de kilogramo-fuerza para lograr que se revienten las galletas, valores similares reportó Soler et al., [38], en una formulación a base de 100 % harina de trigo reportando 0.488 ± 0.13 kilogramo-fuerza, mientras que el T1 (100 % de harina de tarwi - 0 % harina de trigo) demostró ser el menos crocante requiriendo 0.24 ± 0.02 kilogramo-fuerza, valor inferior al que evidenció Soler et al., [38], en dos formulaciones, una a base de 100 % harina de sorgo y otra con 100 % harina de frijol pinto nacional. El T4, al que se le incorporó 25 % de harina de tarwi presentó una fracturabilidad de 0.46 ± 0.01 kilogramo-fuerza, siendo el mejor tratamiento debido a que las galletas son menos quebradizas y más crujientes.

4.2. Composición proximal de la fórmula base.

En la tabla 10 se puede observar los resultados de los análisis proximales realizados en las galletas con los distintos porcentajes de harina de tarwi y trigo.

Tabla 10. Composición química proximal en 100 gr de galletas.

Componente proximal	Porcentajes de harina de tarwi y trigo respectivamente					ANOVA p - valor
	100 % - 0 %	75 % - 25 %	50 % - 50 %	25 % - 75 %	0 % - 100 %	
Humedad (%)	4.08 ± 0.09 ^a	3.35 ± 0.01 ^b	4.83 ± 0.27 ^c	2.93 ± 0.08 ^d	3.82 ± 0.02 ^e	p=0.000<0.05
Proteína (%)	21.65 ± 0.28 ^a	17.23 ± 0.16 ^b	14.24 ± 0.16 ^c	11.63 ± 0.59 ^d	8.16 ± 0.28 ^e	p=0.000<0.05
Cenizas (%)	1.57 ± 0.02 ^a	1.85 ± 0.02 ^b	1.86 ± 0.09 ^b	2.00 ± 0.02 ^c	2.28 ± 0.05 ^d	p=0.000<0.05
Fibra cruda (%)	9.38 ± 0.35 ^a	7.53 ± 0.32 ^b	6.86 ± 0.11 ^c	5.85 ± 0.14 ^d	4.39 ± 0.08 ^e	p=0.000<0.05
Grasa (%)	37.12 ± 0.41 ^a	33.74 ± 0.28 ^b	31.77 ± 0.48 ^c	28.54 ± 0.33 ^d	26.25 ± 0.20 ^e	p=0.000<0.05
Carbohidratos (%)	35.57 ± 0.69 ^a	43.83 ± 0.16 ^b	47.29 ± 0.36 ^c	54.90 ± 0.99 ^d	59.49 ± 0.32 ^e	p=0.000<0.05
Energía (Kcal)	563.00 ± 1.77 ^a	548.33 ± 1.52 ^b	532.00 ± 3.73 ^c	523.33 ± 1.23 ^d	506.67 ± 1.27 ^e	p=0.000<0.05

Tabla 10. Los datos representan la media (n=3) con la desviación estándar (±) y el superíndice con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre los tratamientos (p < 0.05) de acuerdo con la prueba LSD de Fisher.

Se encontró diferencia significativa (p < 0.05) en los 5 tratamientos al evaluar la composición proximal (humedad, proteína, cenizas, fibra cruda, grasa, carbohidratos, energía) de las galletas elaboradas con los distintos porcentajes de harina de tarwi y harina de trigo que se describen en la tabla 2.

En el T1 se encontró una humedad de 4.08 ± 0.09 %, porcentaje superior comparado con los valores Soler et al., [38], al desarrollar formulaciones de galletas con 100 % harina de sorgo (1.58 ± 0.03 %) y 100 % harina de frijol pinto nacional (1.11 ± 0.05 %), mientras que el T5 presentó 3.82 ± 0.02 %, siendo superior que 3.20 ± 0.01 % reportado por Machuca y Meyhuay [15], en galletas con 100 % de harina de trigo, en tanto que el mejor tratamiento (T4) reportó un % menor de humedad de 2.93 ± 0.08, lo cual indica un mejor índice de estabilidad de las galletas, valor inferior al reportado por Machuca y Meyhuay [15], al sustituir harina de trigo con un 25 % harina de arroz y 25 % de harina de lenteja siendo 3.41 ± 0.047 %, sin embargo, todos estos valores de humedad en las galletas se encuentran dentro del límite que establece como máximo la norma de galletas (INEN 2 085:2005) [50], que es el 10 %.

Las galletas del T1 tienen 21.65 ± 0.28 % de proteína, valor superior que las galletas con 100 % harina de sorgo (12.04 ± 0.89 %), e inferior frente las galletas con 100 % harina de frijol pinto nacional (29.81 ± 0.36 %) reportados por Soler et al., [38], mientras que las galletas del T5 revelaron 8.16 ± 0.28 % de proteína, comparado con el estudio de Ndife et

al., [51], reportó un valor similar 8.75 ± 2.23 %, sin embargo estos valores son superiores a 7.1 ± 0.01 %, reportado por Machuca y Meyhuay [15]. El T4 presentó 11.63 ± 0.59 %, valor similar en comparación con el de Machuca y Meyhuay [15], en una formulación óptima de 50 % harina de trigo, 25 % harina de arroz y 25 % de harina de lenteja (11.38 ± 0.291 %), mientras que Erazo y Terán [52], reportaron que al elaborar galletas con un 40 % H. Tarwi y 60 % de harina de trigo estas presentan un valor proteico de 13.37 %. Los valores de proteína son superiores al porcentaje establecido por la Norma INEN 2 085:2005 [50], que es como mínimo el 3 % ya que no establece un porcentaje máximo.

El porcentaje de cenizas del T1 es de 1.57 ± 0.02 %, valor superior en comparación con el de Soler et al., [38], mencionan que las galletas con 100 % harina de sorgo presentan 1.02 ± 0.03 % e inferior a 2.41 ± 0.06 % utilizando 100 % harina de frijol pinto nacional, en cuanto al porcentaje del T5 (tabla 10) es superior al resultado encontrado por Machuca y Meyhuay [15], en galletas con 100 % harina de trigo (1.2 ± 0.20 %), en tanto que el T4 refleja un 2.00 ± 0.02 % superior al de la formulación óptima de Machuca y Meyhuay [15], donde galletas elaboradas con 50 % harina de trigo, 25 % harina de arroz y 25 % de harina de lenteja tienen reflejan 1.04 ± 0.005 %.

La formulación del T1 refleja un valor de fibra cruda de 9.38 ± 0.35 %, bastante superior en comparación con los resultados de Soler et al., [38], en galletas a partir de 100 % harina de sorgo (3.03 ± 0.27 %) y 100 % harina de frijol pinto nacional (3.38 ± 0.01 %), en tanto que el T5 presenta un alto contenido de fibra cruda 4.39 ± 0.08 %, también en un estudio por Ndife et al., [51], reportaron un 3.29 ± 1.35 % en galletas con 100 % harina de trigo, mientras que Machuca y Meyhuay [15], reportaron apenas 0.02 ± 0.041 %, pese a que las galletas del T4 solo tiene un 25 % de harina de tarwi, presentan un alto contenido de fibra cruda siendo 5.85 ± 0.14 %, en comparación con las dos formulaciones realizadas por Soler et al., [38], en las que incorpora un 30 % harina de sorgo (3.36 ± 0.04 %) y 30 % harina de frijol pinto nacional (3.5 ± 0.03 %), mientras que Ndife et al., [51], encontró un 5.73 ± 1.38 %, valor bastante similar al T4 pero en galletas elaboradas con 50 % harina de soya y 50 % harina de trigo.

El contenido de grasa del T1 fue de 37.12 ± 0.41 %, valor bastante superior en comparación con 26.25 ± 0.20 % resultado del T5, sin embargo Machuca y Meyhuay [15], en una formulación con 70 % de grasa al igual que en los tratamientos de la fórmula base, encontraron un resultado superior de 29.4 ± 0.002 % en galletas formuladas con 100 %

harina de trigo, en tanto que en el mejor tratamiento (T4) se reportó 28.54 ± 0.33 %, mientras que Machuca y Meyhuay [15], reportan que la formulación idónea de galletas elaboradas harina de trigo, arroz y lenteja se encuentra entre 50 %, 25 % y 25 % respectivamente con un valor de grasa de 20.08 ± 0.001 %.

El contenido de hidratos de carbonos en el T1 fue de 35.57 ± 0.69 %, porcentaje bastante inferior en comparación con 63.11 % reportado en galletas a base de 100 % harina de sorgo y 42.25 % en galletas con 100 % harina de frijol pinto nacional encontrados por Soler et al., [38], en tanto que el T5 reportó un 59.49 ± 0.32 %, así mismo en galletas con 100 % harina de trigo encontró un 59.1 ± 0.01 % Machuca y Meyhuay [15], y 70.45 ± 3.15 % por Ndife et al., [51], mientras que el T4 presta un 54.90 ± 0.99 % debido a la predominancia de la harina de trigo.

El T1 presenta un valor calórico de 563.00 ± 1.77 Kcal, que está directamente relacionado con alto porcentaje de grasa presente la harina de tarwi, mientras que en el T5 se encontró 506.67 ± 1.27 Kcal y en el T4 523.33 ± 1.23 Kcal.

4.3. Evaluación sensorial de la fórmula base.

Aplicando la prueba afectiva de escala hedónica para la evaluación sensorial de las galletas se obtuvieron los siguientes resultados:

4.3.1. Tratamiento 1 (100 % harina de tarwi – 0 % harina de trigo).

En cuanto al olor de este tratamiento, a un 20 % de los panelistas (consumidores) les gustó muchísimo, mientras que a la mayoría de los encuestados le gustó mucho siendo un 56.6 % de ellos, un 6.7 % fue el porcentaje de las personas que le gustó bastante, de igual manera a un 6.7 % le gustó ligeramente, al 10 % restante de los encuestados ni le gustó y ni le disgustó.

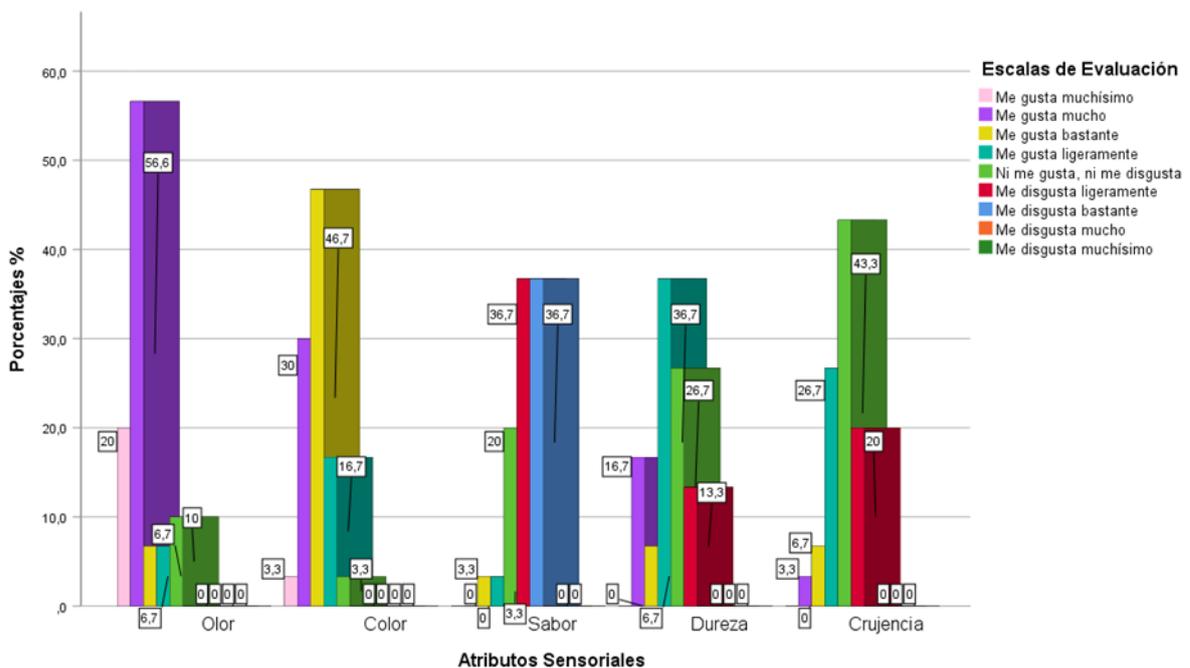
Por otra parte, lo que respecta a el color, el 3.3 % de los panelistas le gustó muchísimo, el 30 % de ellos mencionó que solo le gustó mucho, el 46.7 % le gustó bastante convirtiéndose en la mayoría de los encuestados, mientras que a un 16.7 % de ellos le gusto ligeramente, y a la minoría ni les gusto ni disgusto el color siendo este el 3.3 %.

En lo que concierne a el sabor, solo un pequeño grupo mencionó que le gustaba bastante siendo este el 3.3 %, otro 3.3 % declaró que les gustaba ligeramente, mientras que el 20 % indicó que no le gustaba ni disgustaba el sabor, el 36.7 % manifestó que le disgustaba ligeramente al igual hubieron encuestados que mencionaron que les disgustaba bastante el sabor siendo estos también el 36.7 %.

En lo que respecta a dureza a el 16.7 % le gustó mucho, el 6.7 % mencionó que le gusto bastante, a un 36.7 % solo le gusto ligeramente, el 26.7 % ni le gusto ni disgusto la dureza y un 13.3 % declaró que le disgustó ligeramente.

Y con referencia a la crujencia el 3.3 % mencionó que le gusta mucho, mientras que el 6.7 % se mostró favorable mencionando que le gustaba bastante, un 26.7 % indicó que le gusta ligeramente, en tanto la mayor parte de los encuestados señaló que ni le gusta, ni disgusta su crujencia siendo este un 43.3 % y por último el 20 % solo expuso que le disgusta ligeramente.

Gráfico 1. Evaluación sensorial del tratamiento 1.



4.3.2. Tratamiento 2 (75 % harina de tarwi – 25 % harina de trigo).

Con lo que respecta a el olor el 20 % de los panelistas manifestaron que les gustaba muchísimo, mientras que el 66.6 % mencionó que les gustaba mucho, por otro lado, el 13.4 % restante está dividido equitativamente entre que le gustaba bastante y le gustaba ligeramente.

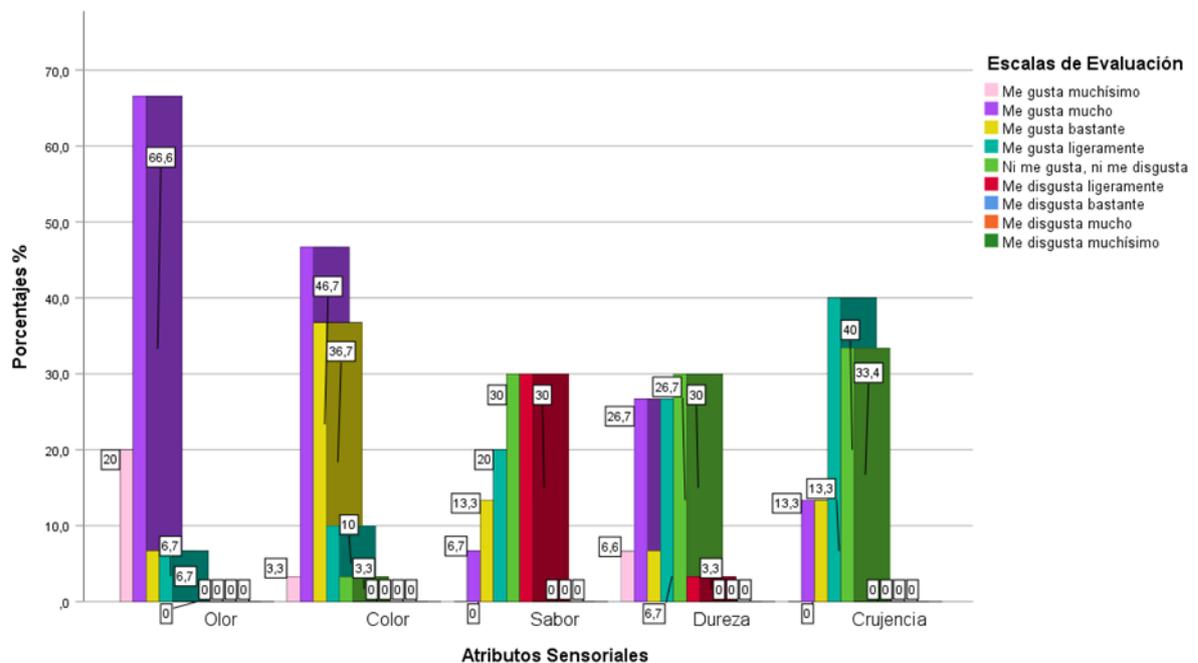
Concerniente a el color el 3.3 % de los encuestados indicó que le gustaba muchísimo, en su gran mayoría mencionaron que le gustaba mucho siendo estos un 46.7 %, el 36.7 % que le gustaba bastante, mientras que el 10 % de ellos supo manifestar que les gustaba ligeramente, y el 3.3 % restante ni le gusto, ni disgustó.

Por otra parte, con lo que respecta al sabor el 6.7 % indicó que le gustaba mucho siendo este el menor grupo de encuestados, el 13.3 % mencionaron que le gustaba bastante, mientras que el 20 % comentaron que le gustaba ligeramente, las personas que comentaron que ni le gustaba ni disgustaba el sabor fueron el 30 %, mientras que otro 30 % manifestaron que le disgusta ligeramente.

En cuanto a la dureza el 6.6 % mencionó que le gustaba muchísimo, el 26.7 % indicó que le gustaba mucho, el 6.7 % de ellos declaró que le gustaba bastante, mientras que el 26.7 % comentó que le gustaba ligeramente, por otra parte, el 30 % expuso que ni le gustaba ni disgustaba y el 3.3 % expresó que le disgusta ligeramente.

Respecto a la crujencia el 13.3 % mencionó que le gustaba mucho, por otra parte, otro 13.3 % manifestó que le gustaba bastante, mientras que un 40 % de los encuestados declaró que les gustaba ligeramente y un 33.4 % expuso que ni le gustaba ni disgustaba la crujencia del producto.

Gráfico 2. Evaluación sensorial del tratamiento 2.



4.3.3. Tratamiento 3 (50 % harina de tarwi – 50 % harina de trigo).

En consideración al tratamiento 3, el 36.7 % de los panelistas manifestaron que el olor le gustaba muchísimo, por otra parte, un 53.3 % indicó que le gustaba mucho y un 10 % comentó que le gustaba bastante.

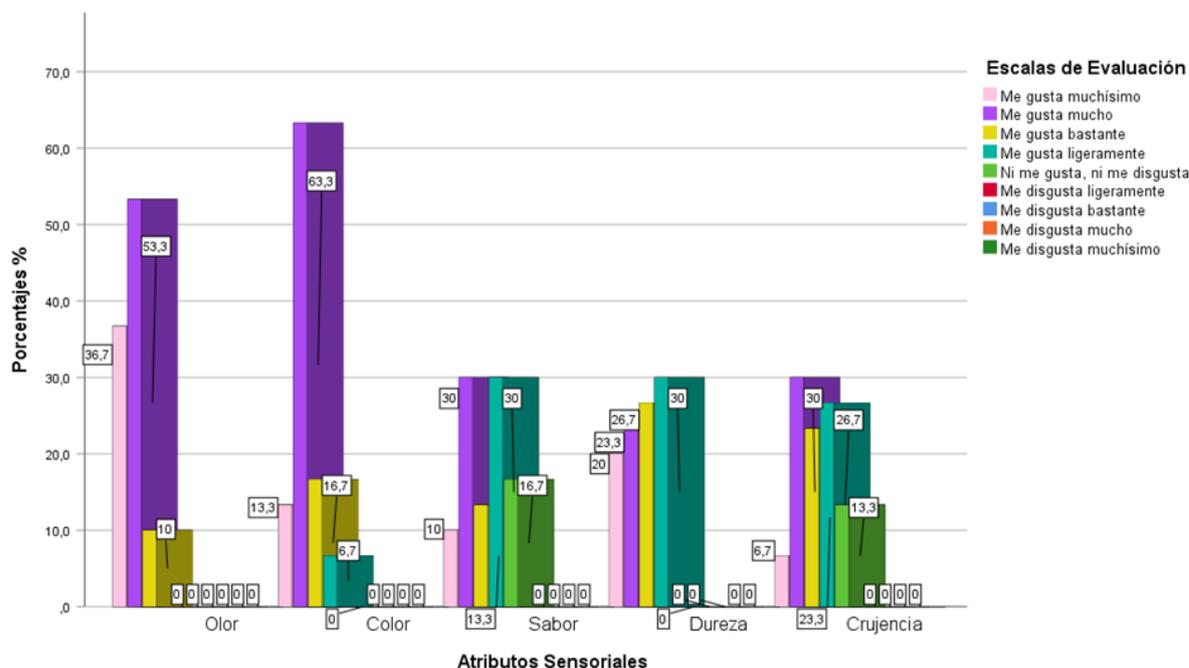
Con relación a el color el 13.3 % declaró que les gustaba muchísimo, una gran mayoría de ellos indicó que le gustaba mucho siendo estos el 63.3 % , mientras que el 16.7 % señaló que les gustaba bastante y un 6.7 % comentó que le gustaba ligeramente.

Respecto a el sabor, el 10 % mencionó que les gustaba muchísimo, el 30 % manifestó que le gustaba mucho, mientras que un 13.3 % comentó que le gustaba bastante, por otra parte, un 30 % expuso que le gustaba ligeramente y un 16.7 % indicó que ni le gustaba ni disgustaba.

En lo que concierne a la dureza el 20 % de los encuestados manifestaron que les gustaba muchísimo, mientras que el 23.3 % confesó que le gustaba mucho, un 26.7 % indicó que le gustó bastante, y al 30 % restante le gustó ligeramente.

Y referente a la crujencia un pequeño grupo mencionó que le gustaba muchísimo el cual representa al 6.7 %, el 30 % comentó que le gustaba mucho, a un 23.3 % solo le gustaba bastante, mientras que algunos confesaron que les gustaba ligeramente siendo un 26.7 % de los encuestados y a un 13.3 % ni les gustó ni disgustó la crocancia de las galletas.

Gráfico 3. Evaluación sensorial del tratamiento 3.



4.3.4. Tratamiento 4 (25 % harina de tarwi – 75 % harina de trigo).

Respecto a el olor, el 43.3 % de los panelistas mencionaron que le gustaba muchísimo, la mayoría indicaron que le gustaba mucho representando el 50 % y un 6.7 % manifestó que le gustaba bastante.

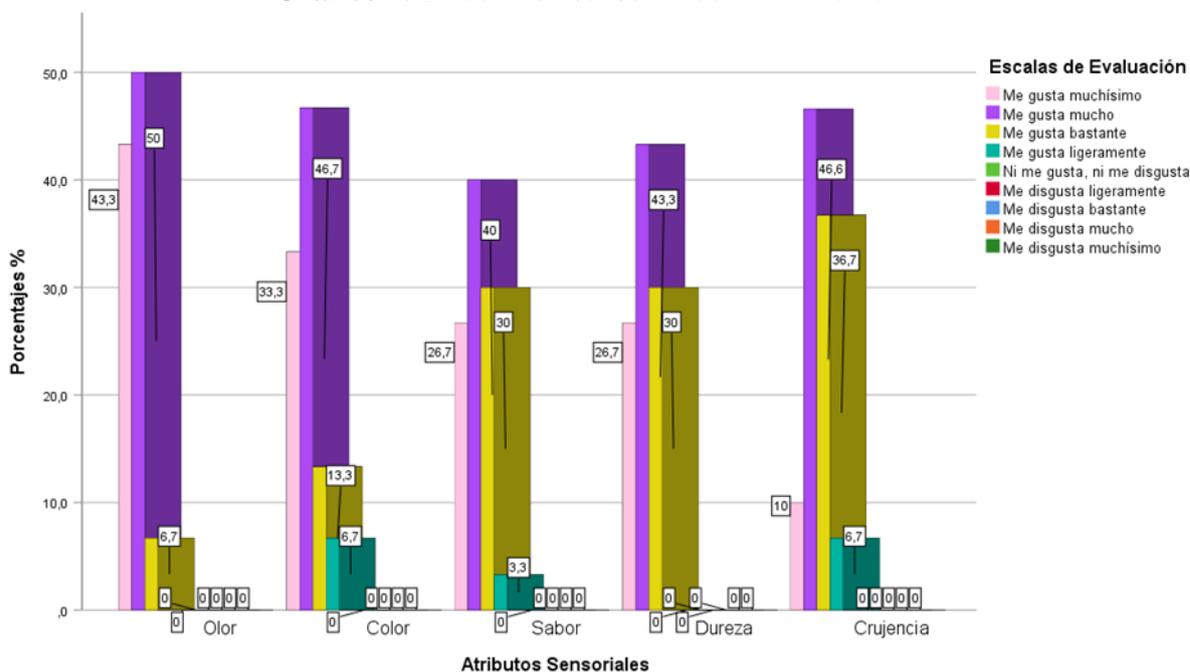
Por otra parte, en cuanto al color de las galletas el 33.3 % comentó que le gustaba muchísimo, el 46.7 % que le gustaba mucho, mientras que el 13.3 % manifestó que le gustaba bastante y el 6.7 % que le gustaba ligeramente.

En relación con el sabor el 26.7 % mencionó que le gustaba muchísimo, el 40 % indicó que le gustaba mucho, mientras que el 30 % manifestó que le gustaba bastante y el 3.3 % restante le gustaba ligeramente.

En cuanto a la dureza el 26.7 % comentó que le gustaba muchísimo, el 43.3 % que le gustaba mucho y el 30 % que le gustaba bastante.

Para finalizar, con respecto a la crujencia el 10 % mencionó que le gustaba muchísimo, la mayoría de los panelistas comentaron que le gustaba mucho siendo estos el 46.6 %, el 36.7 % manifestó que le gustaba bastante y un pequeño grupo indicó que le gustaba ligeramente convirtiéndose en el 6.7 % de los panelistas.

Gráfico 4. Evaluación sensorial del tratamiento 4.



4.3.5. Tratamiento 5 (0 % harina de tarwi – 100 % harina de trigo).

En este tratamiento el 56.7 % de los panelistas mencionó que le gustaba muchísimo el olor, el 40 % indicó que le gustaba mucho y que le gustaba bastante el 3.3 % de los encuestados.

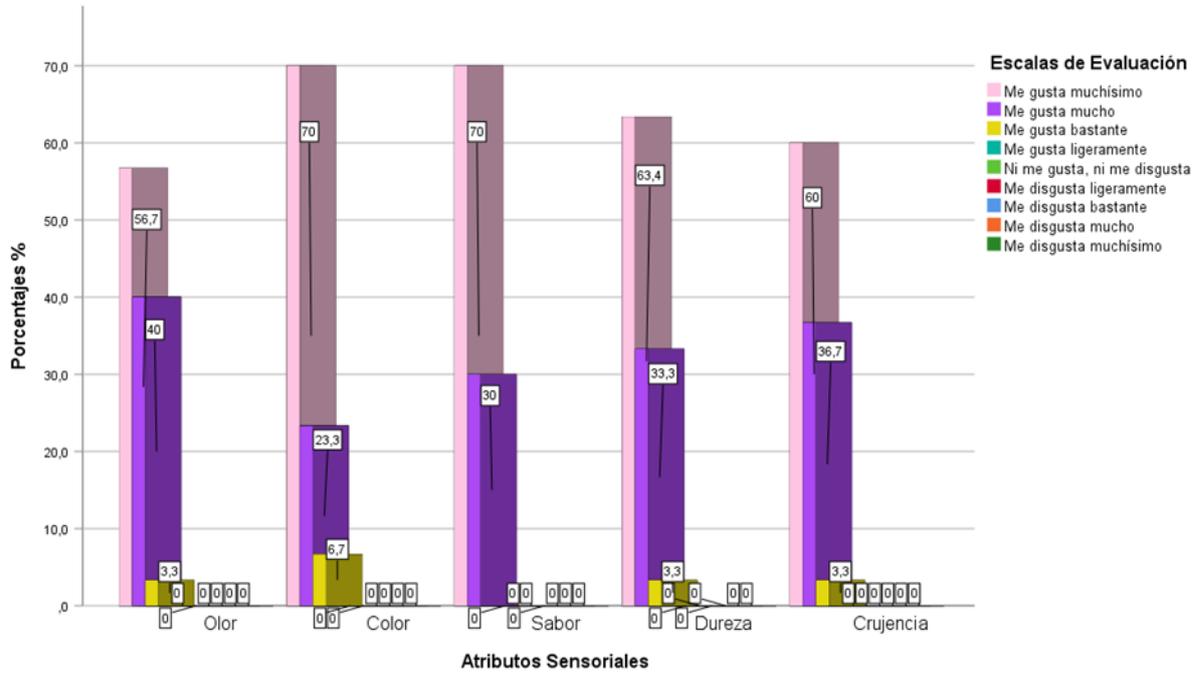
Por otra parte, en referencia al color la gran parte de los panelistas manifestaron que le gustaba muchísimo conformando así el 70 %, mientras que el 23.3 % comentaron que les gustaba mucho y al 6.7 % le gustó bastante.

Con respecto al sabor el 70 % mencionó que le gustaba muchísimo, y el 30 % restante que le gustaba mucho.

En referencia a la dureza de la galleta la mayoría de los panelistas comentó que le gustaba muchísimo representando un 63.4 %, el 33.3 % de ellos que le gustaba mucho, mientras que el 3.3 % manifestó que le gustaba bastante.

Finalmente, con respecto de la crujiencia la mayor parte de los encuestados indicaron que les gustaba muchísimo siendo el 60 %, un 36.7 % mencionó que le gustaba mucho y un 3.3 % comentó que le gustaba bastante.

Gráfico 5. Evaluación sensorial del tratamiento 5.



4.4. Optimización de la fórmula.

Los valores observados en la tabla 11 son de fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia correspondientes a cada una de las formulaciones de las galletas estudiadas en la segunda fase.

Tabla 11. Fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia de las muestras de galletas.

Fórmula	H. Tarwi (Gramos)	H. Trigo (Gramos)	Margarina (Gramos)	Azúcar (Gramos)	Fracturabilidad (Kgf)	Proteína (%)	Sabor (E.H)	Apariencia (E.H)
1	18.33333	78.33333	60	43.33333	0.55	11.36	8	7
2	18.33333	75	63.33333	43.33333	0.56	11.47	8	7
3	15	80	65	40	0.52	10.31	9	8
4	15	75	65	45	0.41	10.69	8	7
5	15	78.33333	63.33333	43.33333	0.58	10.89	8	7
6	15	80	60	45	0.63	10.96	8	8
7	20	80	60	40	0.52	11.7	7	7
8	15	85	60	40	0.67	10.68	9	8
9	15	75	60	50	0.46	10.08	9	8
10	20	75	60	45	0.51	11.8	7	6
11	15	75	70	40	0.59	10.36	9	9
12	20	75	65	40	0.46	11.72	7	6
13	18.33333	78.33333	63.33333	40	0.45	11.51	7	7
14	25	75	60	40	0.32	12.59	6	6
15	17.5	77.5	62.5	42.5	0.54	11.18	8	7
16	25	75	60	40	0.34	12.66	6	6
17	15	85	60	40	0.66	10.66	9	8
18	15	75	70	40	0.57	10.38	9	8

Fuente: Autores.

4.4.1. Análisis de varianza.

4.4.1.1. Fracturabilidad.

En cuanto a la variable de fracturabilidad, al someter los datos a un análisis de varianza para la estimación de los modelos de regresión de carácter lineal, cuadrático y cúbico especial se encontraron los siguientes valores de p de 0.0007, 0.0376, 0.0055 (tabla 33 anexo H) y R^2 de 69.29 %, 92.32 % y 99.67 % (tabla 34 anexo H) respectivamente, por ende, el modelo de regresión cúbico especial fue el conveniente, ya que sus coeficientes de determinación son más altos que los del cuadrático y lineal.

El análisis de varianza para el modelo cúbico especial completo se muestra en la tabla 35 anexo H, juntamente con la estimación de sus coeficientes de determinación. El valor-p es 0.0003 y muestra que el modelo es significativo, con un excelente valor de R^2 permitiendo predecir apropiadamente la variable de respuesta fracturabilidad. Para las mezclas de los componentes X_1X_2 , X_1X_3 , $X_1X_2X_4$ de la tabla 36 anexo H el valor-p es > 0.05 , de manera que, al excluirlos, se puede contemplar que disminuye en el modelo cúbico especial el valor-p (< 0.0001), también ligeramente el R^2 (99.15 %) y R^2 ajustado (97.95 %). De acuerdo con esto, los coeficientes del modelo cúbico especial son ligeramente diferentes a los de la tabla 36 anexo H, y están dado por la ecuación 7:

$$Y_1 = 0,3349X_1 + 0,6689X_2 + 0,5809X_3 + 0,4617X_4 + 0,4227X_1X_4 - 0,4123X_2X_3 + 0,2347X_2X_4 - 0,4380X_3X_4 - 1,0379X_1X_2X_3 + 2,6054X_1X_3X_4 + 1,9404X_2X_3X_4 \quad (7)$$

Al observar la estimación de los coeficientes lineales, se resuelve que $\beta_2 > \beta_3 > \beta_4 > \beta_1$, encontrando en la mezcla pura del componente X_2 (harina de trigo) mayor fracturabilidad (crujencia) frente a las otras mezclas puras. Referente a los efectos de las mezclas binarias se estima que $\beta_{14} > \beta_{24}$, no obstante, estos valores son inferiores en comparación con los de la mezcla pura del componente X_2 , sin embargo, los efectos de las mezclas ternarias como $\beta_{134} > \beta_{234}$ permiten obtener galletas con mayor fracturabilidad, en cuanto a las siguientes mezclas $X_2 X_3$, $X_3 X_4$ y $X_1 X_2 X_3$ tienen un efecto antagónico en la fracturabilidad de las galletas, dado que el signo del valor de los coeficientes $\beta_{23}, \beta_{34}, \beta_{123}$ es negativo. Por consiguiente, la superficie de respuesta del modelo ajustado se muestra en el gráfico 5 apreciando claramente que la mayor fracturabilidad se alcanza con un 94.2 % de harina de trigo y un 5.8 % de azúcar. Si se buscara una galleta de textura más suave se lograría con el 100 % de harina de tarwi X_1 .

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual

Fracturabilidad (Kgf)

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

0.32 0.67

X1 = A: Harina de Tarwi

X2 = B: Harina de Trigo

X3 = C: Margarina

Actual Component

D: Azúcar = 0

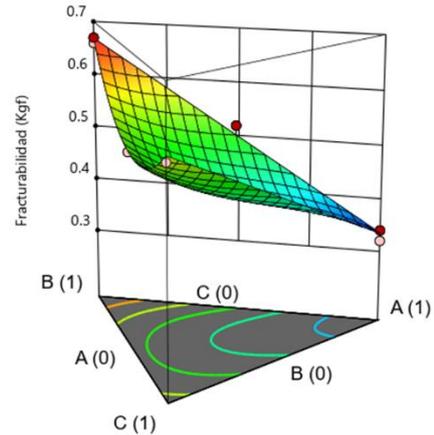
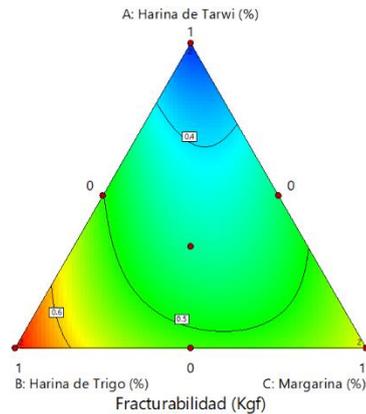


Gráfico 6: Contorno y superficie de respuesta del efecto de la harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar en la fracturabilidad.

4.4.1.2. Proteína.

En cuanto a la variable de proteína, al someter los datos a un análisis de varianza para la estimación de los modelos de regresión de carácter lineal, cuadrático y cúbico especial se encontraron los siguientes valores de p de <0,0001, 0,0130, 0,0749 (tabla 37 anexo H) y R² de 92,49 %, 98,60 % y 99,77 % (tabla 38 anexo H) respectivamente, y se eligió el modelo tipo cuadrático, ya que sus coeficientes de determinación son considerablemente más altos que los del tipo lineal y compensa la complejidad del modelo, en comparación del modelo cubico especial frente el cuadrático.

El análisis de varianza para el modelo cuadrático completo se muestra en la tabla 39 anexo H, juntamente con la estimación de sus coeficientes de determinación. El valor-p es < 0,0001 y muestra que el modelo es significativo, a su vez presenta un valor de R² que permite predecir apropiadamente la variable de respuesta proteína. Para las mezclas de los componentes X₁X₂ y X₂X₃ el valor-p es > 0,05 (tabla 40 anexo H), de manera que, al excluirlos, se puede contemplar que se mantiene en el modelo cuadrático el valor-p < 0,0001, también disminuye ligeramente el R² (98,48 %) y aumenta el R² ajustado (97,42 %). De acuerdo con esto, los coeficientes del modelo cuadrático son ligeramente diferentes a los de la tabla 40 anexo H, y se muestran en la ecuación 8:

$$Y_2 = 12,6413X_1 + 10,6543X_2 + 10,3394X_3 + 10,1068X_4 + 1,0569X_1X_3 + 1,2633X_1X_4 + 2,0725X_2X_4 + 1,8412X_3X_4 \quad (8)$$

Al observar la estimación de los coeficientes lineales, se resuelve que $\beta_1 > \beta_2 > \beta_3 > \beta_4$, encontrando en la mezcla pura del componente X₁ (harina de tarwi) un mayor valor de

De acuerdo con esto, los coeficientes del modelo cúbico especial son ligeramente diferentes a los de la tabla 44 anexo H, y están dado por la ecuación 9:

$$Y_1 = 6,0005X_1 + 8,9963X_2 + 8,9963X_3 + 9,0068X_4 - 2,0298X_1X_2 - 2,0298X_1X_3 - 2,0506X_1X_4 - 4,1331X_2X_4 - 4,1330X_3X_4 - 13,943X_1X_2X_3 + 25,4251X_1X_2X_4 + 25,4251X_1X_3X_4 \quad (9)$$

Al observar la estimación de los coeficientes lineales, se resuelve que $\beta_4 > \beta_3 > \beta_2 > \beta_1$, encontrando en la mezcla pura del componente X_4 (azúcar) mayor sabor frente a las otras mezclas puras. Referente a los efectos de las mezclas ternarias como β_{124}, β_{134} permiten obtener galletas con mayor sabor, en cuanto a las siguientes mezclas binarias $X_1X_2, X_1X_3, X_1X_4, X_2X_4, X_3X_4, X_1X_2X_3$ tienen un efecto antagónico en el sabor de las galletas, dado que el signo del valor de los coeficientes $\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{14}, \beta_{24}, \beta_{34}, \beta_{123}$ es negativo. De acuerdo con el modelo ajustado y la gráfica el mayor sabor de las galletas se logra con 100 % de azúcar X_4 o con el 100 % de margarina X_3 .

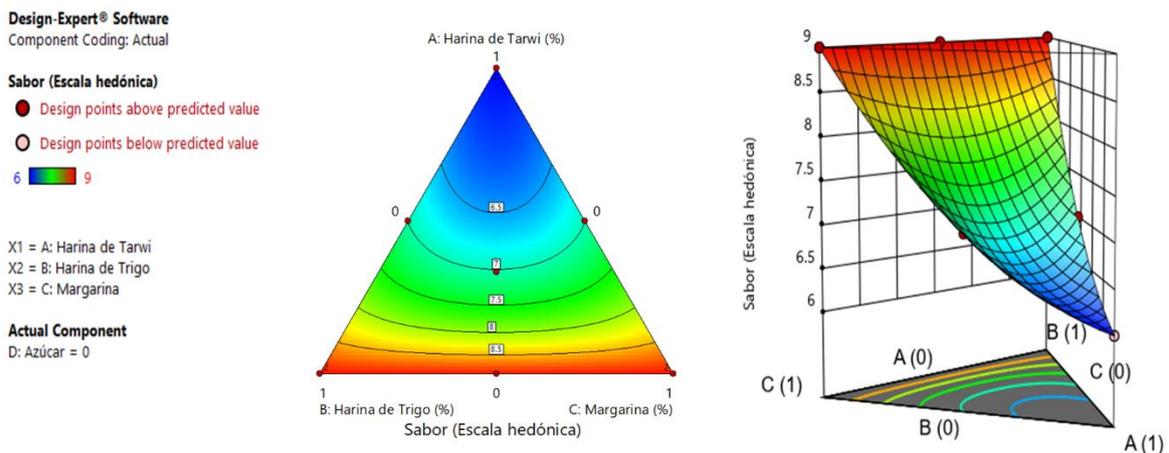


Gráfico 8: Contorno y superficie de respuesta del efecto de la harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar en el sabor.

4.4.1.4. Apariencia.

En cuanto a la variable de apariencia, al someter los datos a un análisis de varianza para la estimación de los modelos de regresión de carácter lineal, cuadrático y cúbico especial se encontraron los siguientes valores-p 0.0006, 0.1529, 0.2653 tabla 45 anexo H y R^2 de 70.26 %, 88.69 % y 96.18 % tabla 46 anexo H respectivamente, consecuentemente, el modelo de regresión cúbico especial fue el adecuado, ya que sus coeficientes de determinación son más altos que los del cuadrático y lineal.

El análisis de varianza para el modelo cúbico especial completo se muestra en la tabla 47 anexo H, juntamente con la estimación de sus coeficientes de determinación. El valor-p es 0.0309 y muestra que el modelo es significativo, con un sobresaliente valor de R^2 permitiendo predecir apropiadamente la variable de respuesta apariencia. Para las mezclas de los componentes X_1X_2 , X_2X_3 , X_2X_4 , $X_1X_2X_3$, $X_1X_2X_4$, $X_2X_3X_4$, de la tabla 48 anexo H el valor-p es considerablemente > 0.05 y al excluirlos, se puede contemplar que se mantiene en el modelo cúbico especial el valor-p (< 0.0001), disminuye ligeramente el R^2 (93.30 %) y aumenta el R^2 ajustado (88.61 %). De acuerdo con esto, los coeficientes del modelo cúbico especial son ligeramente diferentes a los de la tabla 48 anexo H, y están dado por la ecuación 10:

$$Y_1 = 6,0164X_1 + 7,9150X_2 + 8,4314X_3 + 7,9802X_4 - 4,7910X_1X_3 - 3,8143X_1X_4 - 5,7026X_3X_4 + 28,5108X_1X_3X_4 \quad (10)$$

Al observar la estimación de los coeficientes lineales, se resuelve que $\beta_3 > \beta_4 > \beta_2 > \beta_1$, encontrando en la mezcla pura del componente X_2 (harina de trigo) mejor apariencia frente a las otras mezclas puras. Referente a los efectos de las mezclas ternarias como β_{134} permiten obtener galletas con mejor apariencia, en cuanto a las siguientes mezclas binarias X_1X_3 , X_1X_4 , X_3X_4 , tienen un efecto antagónico en la apariencia de las galletas, dado que el signo del valor de los coeficientes β_{13} , β_{14} , β_{34} es negativo. En el gráfico 9 se observa la superficie de respuesta del modelo ajustado y para alcanzar una apariencia 8 se requiere incorporar el 100 % margarina X_3 .

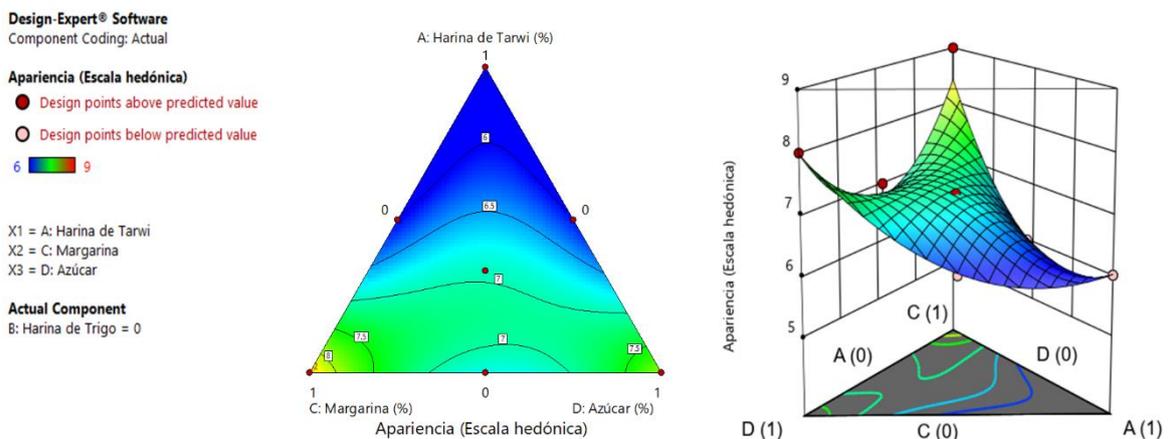


Gráfico 9: Contorno y superficie de respuesta del efecto de la harina de tarwi, harina de trigo, margarina y azúcar en la apariencia.

Tabla 12. Tipos de modelos de regresión para las cuatro variables de respuestas en la elaboración de galletas.

Respuestas	Término del modelo	R ²	Valor F	Valor-p
Fracturabilidad	Cubico especial	0.991549	82.13	< 0.0001
Proteína	Cuadrático	0.984849	92.86	< 0.0001
Sabor	Cubico especial	0.99905	573.37	< 0.0001
Apariencia	Cubico especial	0.933021	19.90	< 0.0001

Fuente: Autores.

El resumen de los resultados del análisis de varianza de los modelos para las cuatro variables analizadas: fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia se muestra en la tabla 12. Como se puede apreciar, el valor F calculado es alto en todos los casos, en comparación con el valor tabular F, lo cual implica que el modelo es significativo. Con los valores obtenidos en el análisis de los coeficientes del modelo estimado, se puede afirmar que los modelos lineales fueron altamente significativos al 95, puesto que su valor-p es inferior en todos los casos a 0.0001. De acuerdo con el coeficiente de determinación (R²), indica el valor de la variación en la respuesta que es explicada por el modelo seleccionado.

4.4.2. Optimización simultanea de las respuestas.

Después de obtenidos los modelos de regresión para cada una de las respuestas estudiadas (ecuaciones 7,8,9,10). Para realizar la optimización de las respuestas, se procedió a establecer las características deseadas para las galletas y son presentadas a continuación; de esta manera, la formulación seleccionada como óptima debía contar con las siguientes características:

Fracturabilidad: Mayor es mejor; entre 0.32 y 0.67

Proteína: Mayor es mejor; entre 10.08 y 12.66

Sabor: Mayor es mejor; entre 6 y 9

Apariencia: Mayor es mejor; entre 6 y 9

En la tabla 13 se muestran las dos formulaciones que presentan mayor aproximación en cuanto al objetivo de las variables de repuestas (fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia), sin embargo, en la tabla 49 anexo H se detallan 3 formulaciones más, pero con un valor de deseabilidad inferior al 0.6, indicando menor acercamiento a los objetivos establecidos.

Tabla 13. Componentes y variables de respuestas obtenidas tras la optimización simultánea.

Fórmula	Componentes				Variables de respuestas				
	Harina de Tarwi	Harina de Trigo	Margarina	Azúcar	Fracturabilidad	Proteína	Sabor	Apariencia	Deseabilidad
1	0.000	0.859	0.000	0.141	0.668	10.828	8.498	7.924	0.626
2	0.000	1.000	0.000	0.000	0.669	10.654	8.996	7.915	0.613

Fuente: Autores.

La primera formulación encontrada alcanza un valor de deseabilidad de 0.626 indicando que la aproximación al objetivo establecido para los valores de las variables es de 62.6 %, comprendiendo que para lograr este valor se requiere mínimos porcentajes de harina de tarwi (15 %) y margarina (60 %), y un 85.9 % de harina de trigo con 14.1 % de azúcar, de manera que al utilizar estas cantidades de los cuatros ingredientes se logran los valores de fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia que se muestran en el gráfico 10.

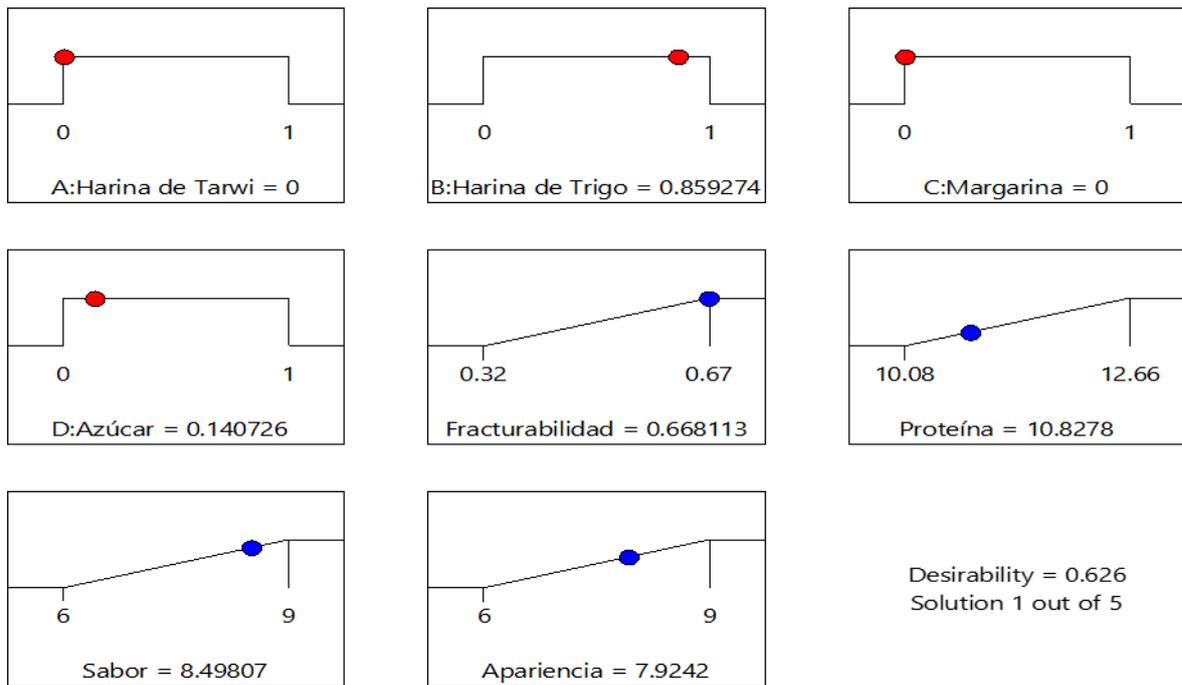


Gráfico 10: Primer fórmula con los porcentajes de las cantidades de los componentes, valores de respuestas y deseabilidad.

La segunda formulación encontrada alcanza un valor de deseabilidad de 0.613 indicando que la aproximación al objetivo establecido para los valores de las variables es de 61.3 %, entendiendo que para lograr este porcentaje de deseabilidad se requiere mínimos porcentajes de harina de tarwi (15 %), margarina (60 %) y azúcar (40 %), de modo que con un 100 % de harina de trigo (85 %) se obtienen los valores de respuesta que se muestran en el gráfico 11.

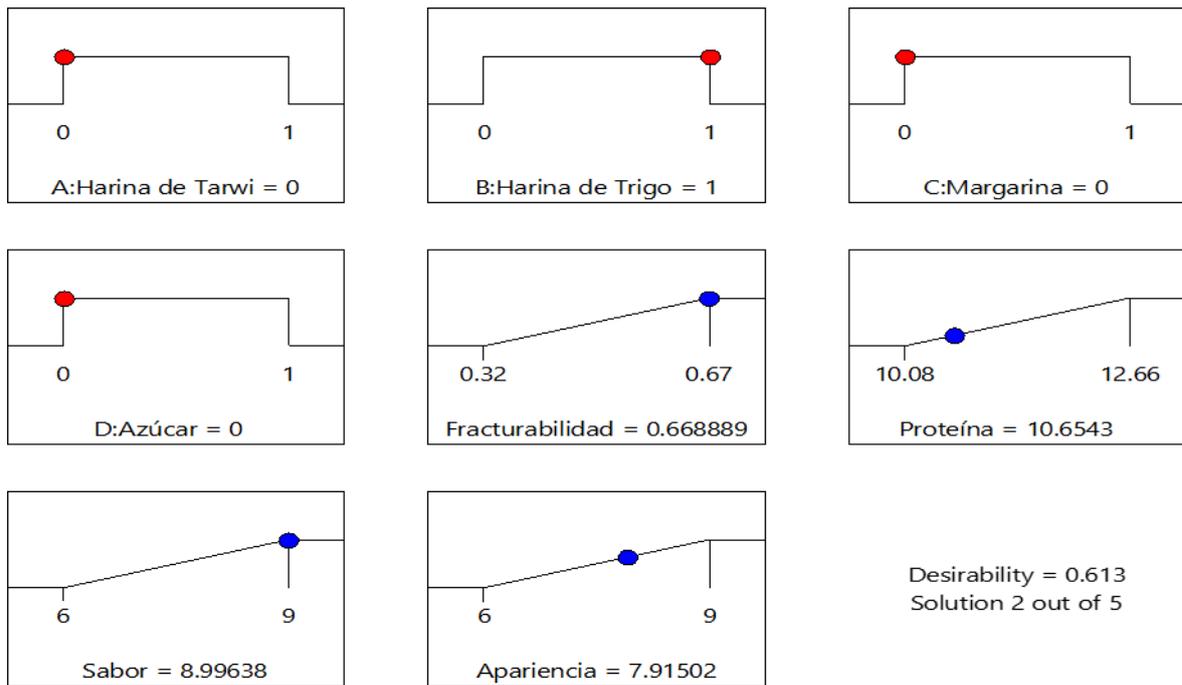


Gráfico 11: Segunda fórmula con los porcentajes de las cantidades de los componentes, valores de respuestas y deseabilidad.

A partir del análisis expuesto, en la tabla 46 se establece la fórmula óptima con todos los ingredientes mayoritarios y minoritarios en función de los valores de fracturabilidad, proteína, sabor y apariencia.

Tabla 14. Fórmula para la elaboración de galleta con relleno de mucílago de cacao.

Insumos	Cantidad en porcentaje (%)
Harina de tarwi	6.8
Harina de trigo	37.8
Margarina	27.1
Azúcar	18.7
Sal	0.5
Leche en polvo	4.5
Bicarbonato de sodio	0.4
Esencia de vainilla	0.4
Agua	3.8
Total	100

Fuente: Autores.

4.5. Relleno con mucílago de cacao.

Al elaborar el relleno a partir de la fórmula que se muestra en la tabla 4, se encontró que el almidón de yuca permite al mucílago incorporarse de manera adecuada dando como resultado una mezcla homogénea, evitando una textura arenosa en el producto final. También se ha podido identificar que el mucílago proporciona una textura elástica y suave, el relleno presenta un color pardo opaco con un aroma a lácteo característico bastante similar al dulce de leche. La propiedad elástica que brinda el mucílago al relleno puede problematizar la adición de este a las galletas debido a la poca extensibilidad que presenta, sin embargo, la unión que otorga a las galletas es perfecta. Por último, debido a alto contenido de humedad del mucílago de cacao al adicionarlo en la mezcla durante la concentración por calor el tiempo del proceso incrementa.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Al establecer las formulaciones base en la elaboración de galletas, se pudo comprobar que el T4 elaborado con 25 % de harina de tarwi y 75 % de harina de trigo presenta mejores resultados en las propiedades mecánicas, composición proximal y sensoriales de las galletas, logrando la optimización de la fórmula.
- En cuanto a las características texturales se observó que el T4 presentó mejor fracturabilidad 0.46 Kgf y dureza 29.89 N, la superioridad de estos valores está relacionado con el contenido de grasa a causa de la disminución del porcentaje de harina de tarwi en la fórmula, a su vez también disminuye el contenido de humedad 2.93 %, proteína 11.63 %, fibra cruda fibra cruda 5.85 %, energía 506.67 Kcal y aumentan los valores de cenizas 2 % y carbohidratos 54.90 %.
- Desde el punto de vista de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de escala hedónica se pudo determinar que el mejor tratamiento para la optimización de la fórmula base fue el T4 con bajo porcentaje de harina de tarwi ya que a la mayoría de los panelistas (consumidores) aceptaron el olor, color, sabor, así como la dureza y crujencia de las galletas.
- Respecto a la optimización de la mejor fórmula, esta presentó un valor de deseabilidad global de 0.626 (62.6 %), observando respuestas aceptables de fracturabilidad (0.668 Kgf), proteína (10.82 %), sabor (8) y apariencia (8) al mezclar mínimos porcentajes de harina de tarwi, 85.9 % de harina de trigo, mínimos porcentajes de margarina y 14.1 % de azúcar. Para finalizar, al desarrollar el relleno con la adición del 10 % mucílago de cacao se observa que presenta viabilidad para la industria galletera.

5.2. Recomendaciones.

- Realizar la optimización del horneado de las galletas en función del espesor (4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm), evaluando de manera instrumental parámetros de textura (firmeza, consistencia, fracturabilidad, dureza, rigidez, deformación de ruptura) y también sensorialmente (olor, color, sabor, dureza).
- Estudiar la adición de porcentajes superiores e inferiores al 10 % de mucílago de cacao y la utilización de otros tipos de almidones naturales como espesantes para determinar las características texturales (firmeza, elasticidad, tiempo de relajación, adhesividad, cohesión) del relleno, también establecer el momento óptimo para la incorporación del mucílago durante la concentración por calor, contribuyendo de esta manera con la agroindustria de este residuo.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] L. M. Quezada, O. D. Contreras, E. O. Martínez, F. M. Mero y H. M. González, «Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de papa china (*Colocasia esculenta*) sobre las propiedades reológicas de la masa y sensoriales de galletas dulces,» *Alimentos Hoy*, vol. 27, nº 47, pp. 49-63, 2019.
- [2] L. G. Ibarra y G. N. Yépez, «Análisis Gastronómico del Ceviche de Chocho en la Ciudad de Riobamba,» Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2017.
- [3] Y. Arteaga-Estrella, «Estudio del desperdicio del mucilago de cacao en el cantón Naranjal (Provincia del Guayas),» *ECA Sinergia*, vol. 4, nº 1, pp. 49 - 59, 2013.
- [4] A. M. Arellano, Análisis nutricional y actividades biológicas de compuestos bioactivos derivados del chocho (*Lupinus Mutabilis*), Ambato: Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato; Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos, 2022.
- [5] G. R. Suca y C. A. Suca, «Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial,» *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, vol. 18, nº 2, p. 55–71, 2015.
- [6] A. Gutierrez, M. Infantes, G. Pascual y J. Zamora, «Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet),» *Agroindustrial Science*, vol. 6, nº 1, pp. 145-149, 2016.
- [7] C. Caicedo y E. Peralta, «El cultivo de chocho *Lupinus mutabilis* Sweet: Fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador,» Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas. (Boletín Técnico no. 103), Quito, 2001.
- [8] J. M. Remache, «Estudio técnico económico de una microempresa destinada a la elaboración de harina de chocho, en la ciudad de Guayaquil,» Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, Carrera de Ingeniería Industrial, Guayaquil, Ecuador, 2019.
- [9] I. Moreno, A. Ramírez, R. Plana y L. Iglesias, «El cultivo del trigo. Algunos resultados de su producción en Cuba,» *Cultivos Tropicales*, vol. 22, nº 4, pp. 55-67, 2001.
- [10] J. M. Flores, «Rendimiento y calidad del trigo harinero (*Triticum aestivum*) y trigo duro (*Triticum turgidum* Var. *Durum*) Canaán 2750 msnm - Ayacucho,» Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú, 2014.
- [11] R. G. Pantoja, «Determinación del mejor tratamiento de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo para la aplicación en productos panificados,» Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ing. Agroindustrial, Ibarra-Ecuador, 2020.

- [12] D. Manley, «Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals,» de *Manual 1: Ingredients*, Abington, Woodhead Publishing Limited, 1998, pp. 1-82.
- [13] F. C. Ponce, «Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (coffea arabica) en el color, textura y contenido de minerales en galletas dulces,» Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco - Perú, 2018.
- [14] L. Laguna Cruañes, Reformulación de galletas de masa corta: cambios en reología, textura y propiedades sensoriales, Valencia, España: Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, 2013.
- [15] M. L. Machuca Flores y F. J. Meyhuay Soto, «Evaluación nutricional de galletas dulces con sustitución parcial por harina de arroz (*Oryza sativa*) y harina de lenteja (*Lens culinaris*),» Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, 2017.
- [16] H. Bourgues, J. Bengoa y A. O'Donnell, «Historias de la nutrición en América Latina,» Sociedad Latinoamericana de Nutrición, 2002.
- [17] R. Cartay Angulo, «Diccionario de cocina venezolana,» Alfa, Venezuela, 2016.
- [18] M. Bhardwaj y S. Sharma, «Vanilla as Food Flavoring Agents its Chemistry and Nutraceutical Properties,» *IJESC*, vol. 10, nº 5, pp. 26021 - 26032, 2020.
- [19] G. M. Ciani, «Desarrollo de la formulación para relleno de una galleta tipo sándwich a base de requesón, almendras (*Prunus amígdalas*) y maní (*Arachis hypogaea*) tostado, fortificado con hierro Aminoquelado y Zinc,» Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, San Carlos, 2015.
- [20] L. L. Battaiotto, C. E. Lupano y A. E. Bevilacqua, «Optimization of Basic Ingredient Combination for Sandwich Cookie Filling Using Response Surface Methodology,» *Food and Bioprocess Technology*, vol. 6, p. 1847–1855, 2013.
- [21] C. F. Novoa Castro, «Arequipe o dulce de leche,» de *Leches concentradas azucaradas: de la tradición a la ciencia*, Cali, Universidad Santiago de Cali, 2018, pp. 65 - 92.
- [22] D. N. Villa, M. Á. Osorio y N. Y. Villacis, «Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos,» *Dominio de las Ciencias*, vol. 6, nº 2, pp. 503-524, 2020.
- [23] C. Vallejo Torres, R. Díaz Ocampo, W. Morales Rodríguez, R. Soria Velasco, J. Vera Chang y C. Baren Cedeño, «Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea,» *Revista ESPAMCIENCIA*, vol. 7, nº 1, pp. 51 - 58, 2016.
- [24] C. J. Espinosa Manfugás, Evaluación sensorial de los alimentos, Cuba: Editorial Universitaria, 2007.
- [25] A. González, A. Alvis y G. Arrázola, «Efecto del recubrimiento comestible en las propiedades de trozos de batata (*Ipomoea Batatas Lam*) fritos por inmersión. Parte 1:,» *Información Tecnológica*, vol. 26, nº 1, pp. 95-102, 2015.

- [26] J. G. Salcedo Mendoza, K. P. Contreras Lozano, D. L. Bohórquez Navarro, M. L. Ascencio Galván y M. V. Ortega Ramos, «Capítulo II. Análisis proximal y fisicoquímico,» de *Agroindustria de productos amiláceos II: Métodos y técnicas de caracterización Agroindustria de productos amiláceos*, Sincelajo, Universidad de Sucre, 2017, pp. 25-42.
- [27] C. Kuklinski, *Nutrición y bromatología*, España: Omega, 2003.
- [28] R. A. Roth, *Nutrición y dietoterapia*, México: McGraw-Hill Interamericana, 2014.
- [29] G. A. Cordero Bueso, «Aplicación del análisis sensorial de los alimentos en la cocina y en la industria alimentaria,» Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España, 2013.
- [30] M. N. Alborta, «Mejoramiento del nivel nutricional en galletas con agregados de harina de quinua,» Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia, 2018.
- [31] P. L. Quilca, «Elaboración de harina de chocho para enriquecer harina de trigo,» Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2020.
- [32] M. A. López, «Determinación de parámetros de color y textura aceptables en galletas rellenas de vainilla, medidos en baking contrast units (bcu) en una industria de galletas en la ciudad de Guatemala,» Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2013.
- [33] J. D. Luyo, «Implementación del método de control bioestructurado en procesos en la fabricación industrial de galletas,» Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2017.
- [34] I. A. Analuisa, S. S. García y P. M. Paredes, «Ensayo para medir el beneficio de la cadena de valor del chocho-Provincia de Cotopaxi,» *FIPCAEC*, vol. 5, nº 5, pp. 40 - 61, 2020.
- [35] M. J. León, «Diseño de una planta agroindustrial para el desamargado de chocho lupinus mutabilis,» Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte, Imbabura-Ecuador, 2017.
- [36] E. M. Urgilés Carrión, «Diagnóstico agro socioeconómico del control del insecto Rynchophorus palmarum en zonas palmicultoras del cantón Quevedo y Ventanas,» Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el desarrollo, Ingeniería Agropecuaria, Guayaquil - Ecuador, 2016.
- [37] K. M. De La Cruz - Vichicela, «Aprovechamiento de la capacidad antioxidante del jugo de pulpa de cacao (Theobroma cacao L.) de las variedades clon CCNN-51 y nacional (arriba) mediante secado por spray Drying,» Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Ingeniería Agroindustrial, Quevedo-Ecuador, 2021.
- [38] N. Soler Martínez, O. Castillo Ruíz, G. Rodríguez Castillejos, A. Perales Torres y A. L. González Pérez, «Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol,» *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, vol. 67, nº 3, pp. 227 - 234, 2017.

- [39] Norma NTE INEN 518:1980-12, «Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento,» Quito - Ecuador.
- [40] Norma NTE INEN 519:1980-12, «Harinas de origen vegetal. Determinación de proteína,» Quito - Ecuador.
- [41] Norma NTE INEN 250:2013, «Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza,» Quito - Ecuador.
- [42] Norma NTE INEN 522:1980-12, «Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda,» Quito - Ecuador.
- [43] Norma NTE INEN 523:1980-12 , «Harinas de origen vegetal. Determinación de grasa,» Quito - Ecuador.
- [44] FAO/OMS, «Food energy – Methods of analysis and conversion factors,» Food and Agriculture Organization of the United Nations Technical Workshop Report, Rome, Italy, 2002.
- [45] G. Silva Ribeiro, M. Conceição Monteiro, J. Rodrigues do Carmo, R. da Silva Pena y R. Campos Chisté, «Peach palm flour: production, hygroscopic behaviour and application in cookies,» *Heliyon*, vol. 7, nº 5, pp. 1 - 8, 2021.
- [46] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vara Salazar, *Análisis y diseño de experimentos*, Mexico: Mcgraw Hill, 2003.
- [47] T. Hasan, S. Ali y M. Ahmed, «Shrinkage simplex-centroid designs for a quadratic mixture model,» *Journal of Industrial Engineering International*, vol. 14, nº 1, p. 87 – 93, 2018.
- [48] R. O. Kueh, *Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación*, Mexico: Thomson Learning, 2001.
- [49] M. A. Loubes, «Molienda seca y húmeda de arroz en molino planetario. Cinética de la molienda, efecto de las condiciones de molienda en las propiedades funcionales de la harina y del almidón y diseño de mezclas para pastas sin gluten,» Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, 2015.
- [50] Norma NTE INEN 2085:2005, «Galletas. Requisitos,» Quito - Ecuador.
- [51] J. Ndife, F. Kida y S. Fagbemi, «Production and quality assessment of enriched cookies from whole wheat and full fat soya,» *European Journal of Food Science and Technology*, vol. 2, nº 1, pp. 19 - 28, 2014.
- [52] J. E. Erazo Sandoval y L. S. Terán Zumarraga, «Elaboración de Galletas Integrales enriquecidas con Quinoa (*chenopodium quinoa* L.) y Chocho (*lupinus mutabilis* sweet) edulcoradas con Panela,» Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte, Quito - Ecuador, 2011.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

Anexo A: Proceso de elaboración de la galleta de harina de tarwi y trigo.

<p>Foto 1. Materia prima.</p>  <p>Fuente: Autores.</p>	<p>Foto 2. Formulación.</p>  <p>Fuente: Autores.</p>
<p>Foto 3. Mezclado 1.</p>  <p>Fuente: Autores.</p>	<p>Foto 4. Mezclado 2.</p>  <p>Fuente: Autores.</p>
<p>Foto 5. Mezclado 3.</p>  <p>Fuente: Autores.</p>	<p>Foto 6. Amasado.</p>  <p>Fuente: Autores.</p>

Foto 7. Laminado.



Fuente: Autores.

Foto 8. Moldeado.



Fuente: Autores.

Foto 9. Horneado.



Fuente: Autores.

Foto 10. Enfriamiento.



Fuente: Autores.

Foto 11. Adición del relleno.



Fuente: Autores.

Foto 12. Galletas rellenas.



Fuente: Autores.

Anexo B: Proceso de elaboración del relleno con mucílago de cacao.

Foto 11. Mazorcas de cacao.



Foto 12. Extracción de almendras.



Foto 13. Extracción del mucílago.



Foto 14. Mucílago de cacao.



Foto 15. Leche entera filtrada.



Foto 16. Adición de NaHCO₃ y especias.



Foto 17. Adición de almidón, glucosa y azúcar.



Foto 18. Concentración.



Foto 19. Incorporación del mucílago.



Foto 20. Concentración a 65 °Brix.



Foto 21. Producto final.



Anexo C: Análisis texturales.

Foto 22. Determinación de dureza y fracturabilidad.



Fuente: Autores.

Anexo D: Análisis proximal.

Foto 23. Determinación de humedad.



Fuente: Autores.

Foto 24. Determinación de proteína.



Fuente: Autores.

Foto 25. Determinación de ceniza.



Fuente: Autores.

Foto 26. Determinación de fibra bruta.



Fuente: Autores.

Foto 27. Determinación de grasa.



Fuente: Autores.

Anexo E: Evaluación sensorial.

Foto 28. Prueba de la primera fase.



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
 INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
 FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

PANELISTA N° 3

APELLIDOS Y NOMBRES: Parraga Delgado Glenda Cecibel
FECHA: 26/04/22

En la siguiente evaluación sensorial se medirá atributos de olor, color, sabor, dureza y crujencia en base a una escala hedónica de 9 puntos.

OLOR	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
Me gusta muchísimo			X	X	X
Me gusta mucho	X	X			
Me gusta bastante					
Me gusta ligeramente					
Ni me gusta, ni me disgusta					
Me disgusta ligeramente					
Me disgusta bastante					
Me disgusta mucho					
Me disgusta muchísimo					

COLOR	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
Me gusta muchísimo	X	X	X	X	X
Me gusta mucho					
Me gusta bastante					
Me gusta ligeramente					
Ni me gusta, ni me disgusta					
Me disgusta ligeramente					
Me disgusta bastante					
Me disgusta mucho					
Me disgusta muchísimo					

SABOR	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
Me gusta muchísimo					X
Me gusta mucho			X	X	
Me gusta bastante					
Me gusta ligeramente		X			
Ni me gusta, ni me disgusta	X				
Me disgusta ligeramente					
Me disgusta bastante					
Me disgusta mucho					
Me disgusta muchísimo					

DUREZA	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
Me gusta muchísimo					
Me gusta mucho					X
Me gusta bastante				X	
Me gusta ligeramente	X	X	X		
Ni me gusta, ni me disgusta					
Me disgusta ligeramente					
Me disgusta bastante					
Me disgusta mucho					
Me disgusta muchísimo					

Recomendaciones:

- Marcar con una X en el cuadro que crea correspondiente
- Observar bien las muestras

Fuente: Autores.

CRUJENCIA	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
Me gusta muchísimo					X
Me gusta mucho					
Me gusta bastante					
Me gusta ligeramente		X	X	X	
Ni me gusta, ni me disgusta	X				
Me disgusta ligeramente					
Me disgusta bastante					
Me disgusta mucho					
Me disgusta muchísimo					

Observaciones: _____

Recomendaciones:

- Marcar con una X en el cuadro que crea correspondiente
- Observar bien las muestras

Fuente: Autores.

Foto 39. Prueba de la segunda fase.



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
 INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

APELLIDOS Y NOMBRES: UERRA CASANARCA CECILIA HAZÍA
FECHA: 19 de JUNIO 2022

En la siguiente evaluación sensorial se medirá atributos de olor, color, sabor, dureza y crujencia en base a una escala hedónica de 9 puntos.

SABOR	FÓRMULAS																	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
Me gusta muchísimo																		X
Me gusta mucho																		
Me gusta bastante																		
Me gusta ligeramente																		
Ni me gusta, ni me disgusta																		
Me disgusta ligeramente																		
Me disgusta bastante																		
Me disgusta mucho																		
Me disgusta muchísimo																		

APARIENCIA	FÓRMULAS																	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
Me gusta muchísimo																		
Me gusta mucho																		X
Me gusta bastante																		
Me gusta ligeramente																		
Ni me gusta, ni me disgusta																		
Me disgusta ligeramente																		
Me disgusta bastante																		
Me disgusta mucho																		
Me disgusta muchísimo																		

Observaciones: _____

Recomendaciones:

- Marcar con una X en el cuadro que crea correspondiente
- Observar bien las muestras

Fuente: Autores.

Anexo F: Métodos utilizados para la caracterización proximal de las galletas

— Determinación de humedad

CDU: 664.2:543.81		INEN		AL 02.02-302
Norma Técnica Ecuatoriana		HARINA DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO		INEN 518 1980-12
1. OBJETO				
1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de humedad y otras materias volátiles en las harinas de origen vegetal.				
2. TERMINOLOGÍA				
2.1 Pérdida por calentamiento. En las harinas de origen vegetal y para efectos de esta norma, es la pérdida de una determinada cantidad de masa en las condiciones del presente método.				
3. RESUMEN				
3.1 El método se base en calentar las harinas de origen vegetal a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y pesar.				
4. INSTRUMENTAL				
4.1 <i>Pesafiltro de vidrio</i> , con tapa esmerilada.				
4.2 <i>Desecador</i> , con cloruro de calcio u otro deshidratante adecuado.				
4.3 <i>Estufa</i> , con regulador de temperatura.				
4.4 <i>Balanza analítica</i> , sensible al 0,1 mg.				
5. PREPARACION DE LA MUESTRA				
5.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios y secos (vidrio plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.				
5.2 La cantidad de muestra de las harinas de origen vegetal y extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.				
5.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.				
6. PROCEDIMIENTO				
6.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.				
6.2 Calentar el pesafiltro y tapa durante 30 min en la estufa a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente y pesar.				

-1-

1980-0076

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

— Determinación de proteína

CDU: 664.2:543.8



AL 02.02-303

Norma Técnica Ecuatoriana	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE LA PROTEINA	INEN 519 1980-12
<p style="text-align: center;">1. OBJ ETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de proteína en las harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;">2. TERMINOLOGÍA</p> <p>2.1 Proteína. Es la cantidad de nitrógeno total, expresado convencionalmente como contenido de proteína y determinado mediante procedimientos normalizados.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN</p> <p>3.1 Se determina el contenido de proteína en harinas de origen vegetal mediante el método Kjeldahl y se multiplica el resultado por un factor para expresarlo como proteína.</p> <p>3.2 El factor para convertir el contenido de nitrógeno a proteínas se indica en la Tabla 1.</p> <p style="text-align: center;">4. INSTRUMENTAL</p> <p>4.1 <i>Aparato Kjeldahl</i>, para digestión y destilación.</p> <p>4.2 <i>Matraz Kjeldahl</i>, de 650 a 800 cm³.</p> <p>4.3 <i>Matraz Erlenmeyer</i>, de 500 cm³.</p> <p>4.4 <i>Bureta</i>, de 50 cm³.</p> <p>4.5 <i>Probetas</i>, de 50 y 200 cm³.</p> <p>4.6 <i>Balanza analítica</i>, sensible al 0,1 mg.</p> <p>4.7 <i>Parafina o piedra pómez</i>.</p> <p style="text-align: center;">5. REACTIVOS</p> <p>5.1 <i>Acido sulfúrico concentrado</i>, con densidad 1,84 g/cm³ a 20°C, exento de nitrógeno.</p> <p>5.2 <i>Solución 0,1 N de ácido sulfúrico</i>, debidamente estandarizada.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

— Determinación de ceniza

CDU: 664.2 :543
ICS: 67.060



AL 02.02-304

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

**HARINAS DE ORIGEN VEGETAL
DETERMINACIÓN DE LA CENIZA**

**NTE INEN
520:2013
Primera revisión
2013-09**

1. OBJETO

1.1 Esta norma describe el método para determinar el contenido de cenizas en las harinas de origen vegetal.

2. DEFINICIONES

2.1 **Ceniza.** Es el residuo obtenido después de incinerar la muestra, dentro de las condiciones descritas en la presente norma.

3. MÉTODO DE ENSAYO

3.1 Resumen

3.1.1 Incinerar la muestra a $(550 \pm 15^\circ\text{C})$ y pesar el residuo que corresponde a las cenizas en las harinas de origen vegetal.

3.2 Equipos

3.2.1 *Crisol de porcelana*, o de otro material inalterable a las condiciones del ensayo.

3.2.2 *Mufla*, con regulador de temperatura, ajustado a $550^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$.

3.2.3 *Desecador*, con óxido de calcio u otro deshidratante adecuado.

3.2.4 *Pinza*, para la cápsula.

3.2.5 *Balanza analítica*, sensible al 0,1 mg.

3.3 Preparación de la muestra

3.3.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio plástico u otro material inoxidable) y completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.

3.3.2 La cantidad de muestra de harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.

3.3.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

3.4 Procedimiento

3.4.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

3.4.2 Calentar el crisol de porcelana vacío en la mufla ajustada a $(550 \pm 15^\circ\text{C})$, durante 30 min. Enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg.

3.4.3 Transferir al crisol y pesar, con aproximación al 0,1 mg, 3 g a 5 g de la muestra.

3.4.4 Colocar el crisol con su contenido cerca de la puerta de la mufla abierta y mantenerla allí durante pocos minutos, para evitar pérdidas por proyección de material, lo que podría ocurrir si el crisol se introduce directamente a la mufla.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Harina, vegetal, ceniza, métodos de ensayo.

— Determinación de fibra.

CDU: 664.2:		AL 02.02-306
Norma Técnica Ecuatoriana	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE LA FIBRA CRUDA	INEN 522 1980-12
Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción	1. OBJ ETO	
	<p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de fibra cruda en harinas de origen vegetal.</p>	
	2. TERMINOLOGÍA	
	<p>2.1 Fibra cruda. Es el residuo insoluble obtenido después del tratamiento de la muestra de harina de origen vegetal y determinada mediante procedimientos normalizados.</p>	
	3. RESUMEN	
	<p>3.1 Digerir la muestra sin grasa con solución de ácido sulfúrico, lavar y nuevamente digerir con solución de hidróxido de sodio, lavar, secar y pesar. Calcinar hasta destrucción de la materia orgánica. La pérdida de peso después de la calcinación es el contenido de fibra cruda en la muestra.</p>	
	4. INSTRUMENTAL	
	<p>4.1 <i>Estufa</i>, con regulador de temperatura, ajustada a $130 \pm 2^{\circ}\text{C}$.</p>	
	<p>4.2 <i>Desecador</i>, con sulfato de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.</p>	
	<p>4.3 <i>Aparato de extracción tipo Soxhlet</i> u otro similar.</p>	
	<p>4.4 <i>Cápsula de porcelana</i> o de sílice.</p>	
	<p>4.5 <i>Mufla</i> con regulador de temperatura ajustado a $600 \pm 15^{\circ}\text{C}$.</p>	
	<p>4.6 <i>Embudo</i> de 12 cm de diámetro, con una tela de algodón de tejido fino (tela de lino) para filtración.</p>	
	<p>4.7 <i>Matraz Erlenmeyer</i> de $1\ 000\ \text{cm}^3$.</p>	
	<p>4.8 <i>Filtro de succión</i>, compuesto de crisol de Gooch, colocado sobre un frasco de succión conectado a una trampa, y éste, a su vez, a cualquier aparato para efectuar el vacío. Debe estar dotado de una válvula para romper el vacío.</p>	
	<p>4.9 <i>Pipeta volumétrica</i>, de $25\ \text{cm}^3$.</p>	
	<p>4.10 <i>Aparato de digestión</i>, compuesto por un condensador adaptado a la boca de balón de precipitación de $600\ \text{cm}^3$, con diámetro de 82 mm y altura de 151 mm, y una plancha eléctrica de calentamiento con regulador de temperatura ajustado en tal forma que eleve la temperatura de $200\ \text{cm}^3$ de agua, desde 25°C hasta la ebullición durante $15 \pm 2\ \text{min}$.</p>	
	-1-	1980-0080

— Determinación de grasa.

CDU: 664.2:				AL 02.02-307
Norma Técnica Ecuatoriana	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE GRASA		INEN 523 1980-12	
Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción	1. OBJ ETO			
	1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de grasa o extracto etéreo en harinas de origen vegetal.			
	2. RESUMEN			
	2.1 El contenido de materia grasa es extraído de una muestra de harina de origen vegetal mediante un solvente orgánico.			
	3. INSTRUMENTAL			
3.1 <i>Estufa</i> , con regulador de temperatura, ajustado a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$.				
3.2 <i>Desecador</i> , con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.				
3.3 <i>Aparato de extracción</i> , tipo Soxhlet u otro similar.				
3.4 <i>Plancha eléctrica</i> de calentamiento.				
3.5 <i>Pincel</i> .				
3.6 <i>Dedal de Soxhlet</i> de porosidad adecuada.				
3.7 <i>Vaso de precipitación</i> .				
3.8 <i>Espátula</i> de acero inoxidable.				
3.9 <i>Balanza analítica</i> , sensible al 0,1 mg.				
4. REACTIVOS				
4.1 <i>Eter anhidro</i> . Preparar lavando éter etílico comercial con dos o tres porciones de agua; agregar hidróxido de sodio o hidróxido de potasio sólidos y dejar en reposo hasta que toda el agua sea extraída del éter. Transferir a un frasco que previamente ha sido limpiado con cuidado y agregar pequeños pedazos de sodio metálico; cuando ya no se observe desprendimiento de hidrógeno, guardar el éter deshidratado sobre sodio metálico en el mismo frasco, sin ajustar la tapa.				
4.2 <i>Arena purificada con ácido y calcinada</i> , con un tamaño de grano entre 0,1 y 0,3 mm.				
-1-				
1980-0081				

Anexo F: Oficio de aprobación del uso del equipo.



Decanato
Facultad Ciencias Agropecuarias

Manta, marzo 23 de 2022
Oficio N°.208- DF-CA-GGM

Ingeniera
Andrea Cortez Espinoza, Msc, Docente.
Universidad Estatal de Quevedo
Presente

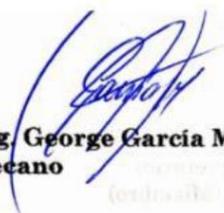
De mi consideración:

En atención a su solicitud, donde requiere la utilización del uso de los laboratorios, con la finalidad de realizar los análisis físicos textuales (fracturabilidad y dureza) en la ejecución de su trabajo de titulación de los tesisistas, Jennifer Benavides Panchana y Víctor Cabrera Mera.

Por lo ante expuesto comunico a usted la aceptación del uso del laboratorio, para lo cual las tesisistas deben coordinar con el Ing. Marlon Castro García (Cel. 0969563976 – marlon.castro@uleam.edu.ec), responsable de los laboratorios.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,


Ing. George García Mera Mg. Sc.
Decano


CC: Ing. Marlon Castro García, Responsable de los Laboratorios

Elaborado por: Ginger Montanero
Fecha: 23/03/2021
Hora: 09H00

Manta, julio 6 de 2022
Oficio N°.558- DF-CA-GGM

Ingeniero
Cesar López Zambrano
Coordinador de los Laboratorios Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Presente

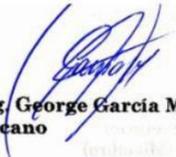
De mi consideración:

En atención al oficio de fecha 5 de julio de 2022 , suscrito por la Ing. Andrea Cristina Cortez Espinoza, MSc. de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo; quien solicita autorizar a quien corresponda la realización de análisis físico textural(fracturabilidad), para que lo utilicen los egresados de la carrera de Ingeniería Agroindustrial Sr. Víctor Cabrera Mera y Srta. Jennifer Benavides Panchana.

Por lo ante expuesto, solicito a usted coordinar con los egresados al siguiente correo electrónico victor.cabrera2016@uteq.edu.ec para que puedan continuar con su respectivo trabajo, cumpliendo con las respectivas normas de bioseguridad.

Agradezco su atención a lo solicitado.

Atentamente,



Ing. George Garcia Mera Mg. Sc.
Decano



CC: Archivo de Facultad

Elaborado por: Gabriela Loo Vera
Julio 6 de 2022
9H00

Anexo H: Tablas.

— Caracterización de la fórmula base.

Tabla 15. Análisis de varianza de dureza de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	218.771	4	54.6928	221.91	<0.0001
Error	2.46462	10	0.246462		
Total (Corr.)	221.236	14			

Tabla 16. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para dureza de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
100 % Harina de Tarwi – 0 % Harina de Trigo	3	19.04	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	22.5733	X
50 % Harina de Tarwi – 50 % Harina de Trigo	3	25.774	X
25 % Harina de Tarwi – 75 % Harina de Trigo	3	27.647	X
0 % Harina de Tarwi – 100 % Harina de Trigo	3	29.8897	X

Tabla 17. Análisis de varianza de fracturabilidad de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	0.121133	4	0.0302833	239.08	0.0000
Error	0.00126667	10	0.000126667		
Total (Corr.)	0.1224	14			

Tabla 18. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para fracturabilidad de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
100 % Harina de Tarwi – 0 % Harina de Trigo	3	0.236667	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	0.353333	X
50 % Harina de Tarwi – 50 % Harina de Trigo	3	0.41	X
25 % Harina de Tarwi – 75 % Harina de Trigo	3	0.456667	X
0 % Harina de Tarwi – 100 % Harina de Trigo	3	0.493333	X

Tabla 19. Análisis de varianza de humedad de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	6.3234	4	1.58085	91.06	0.0000
Error	0.1736	10	0.01736		
Total (Corr.)	6.497	14			

Tabla 20. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para humedad de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
25 % Harina de Tarwi - 75 % Harina de Trigo	3	2.92667	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	3.34667	X
0 % Harina de Tarwi - 100 % Harina de Trigo	3	3.81667	X
100 % Harina de Tarwi - 0 % Harina de Trigo	3	4.08	X
50 % Harina de Tarwi - 50 % Harina de Trigo	3	4.83	X

Tabla 21. Análisis de varianza de proteína de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	321.225	4	80.3062	725.22	0.0000
Error	1.10733	10	0.110733		
Total (Corr.)	322.332	14			

Tabla 22. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para proteína de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 % Harina de Tarwi – 100 % Harina de Trigo	3	8.16	X
25 % Harina de Tarwi – 75 % Harina de Trigo	3	11.63	X
50 % Harina de Tarwi – 50 % Harina de Trigo	3	14.2433	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	17.2367	X
100 % Harina de Tarwi – 0 % Harina de Trigo	3	21.65	X

Tabla 23. Análisis de varianza de cenizas de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	0.810493	4	0.202623	83.73	0.0000
Error	0.0242	10	0.00242		
Total (Corr.)	0.834693	14			

Tabla 24. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para cenizas de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
100 % Harina de Tarwi – 0 % Harina de Trigo	3	1.57	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	1.84667	X
50 % Harina de Tarwi – 50 % Harina de Trigo	3	1.86	X
25 % Harina de Tarwi – 75 % Harina de Trigo	3	2.00333	X
0 % Harina de Tarwi – 100 % Harina de Trigo	3	2.28333	X

Tabla 25. Análisis de varianza de fibra cruda de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	41.6948	4	10.4237	199.20	0.0000
Error	0.523267	10	0.0523267		
Total (Corr.)	42.218	14			

Tabla 26. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para fibra cruda de las galletas de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 % Harina de Tarwi – 100 % Harina de Trigo	3	4.39333	X
25 % Harina de Tarwi – 75 % Harina de Trigo	3	5.84667	X
50 % Harina de Tarwi – 50 % Harina de Trigo	3	6.85667	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	7.53333	X
100 % Harina de Tarwi – 0 % Harina de Trigo	3	9.38	X

Tabla 27. Análisis de varianza de grasa de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	219.179	4	54.7948	441.75	0.0000
Error	1.2404	10	0.12404		
Total (Corr.)	220.42	14			

Tabla 28. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para grasa de las galletas de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 % Harina de Tarwi – 100 % Harina de Trigo	3	26.25	X
25 % Harina de Tarwi – 75 % Harina de Trigo	3	28.54	X
50 % Harina de Tarwi – 50 % Harina de Trigo	3	31.7733	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	33.7367	X
100 % Harina de Tarwi – 0 % Harina de Trigo	3	37.1267	X

Tabla 29. Análisis de varianza de carbohidratos totales de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	1054.78	4	263.695	772.29	0.0000
Error	3.41447	10	0.341447		
Total (Corr.)	1058.2	14			

Tabla 30. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para carbohidratos totales de las galletas de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
100 % Harina de Tarwi – 0 % Harina de Trigo	3	35.5733	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	43.8333	X
50 % Harina de Tarwi – 50 % Harina de Trigo	3	47.2967	X
25 % Harina de Tarwi – 75 % Harina de Trigo	3	54.9	X
0 % Harina de Tarwi – 100 % Harina de Trigo	3	59.4867	X

Tabla 31. Análisis de varianza de energía (Kcal) de las galletas para la fórmula base.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	5727.33	4	1431.83	311.27	0.0000
Error	46.0	10	4.6		
Total (Corr.)	5773.33	14			

Tabla 32. Prueba de significación (LSD $p < 0.05$) para energía (Kcal) de las galletas de la fórmula base.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 % Harina de Tarwi – 100 % Harina de Trigo	3	506.667	X
25 % Harina de Tarwi – 75 % Harina de Trigo	3	523.333	X
50 % Harina de Tarwi – 50 % Harina de Trigo	3	532.0	X
75 % Harina de Tarwi - 25 % Harina de Trigo	3	548.333	X
100 % Harina de Tarwi – 0 % Harina de Trigo	3	563.0	X

— **Optimización de la fórmula.**

Tabla 33. Análisis de los efectos estimados del modelo completo para fracturabilidad.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	4.84642	1	4.84642		
Lineal	0.114168	3	0.0380561	10.53	0.0007
Cuadrático	0.0379536	6	0.0063256	4.00	0.0376
Cúbico especial	0.012107	4	0.00302675	22.06	0.0055
Error	0.000548813	4	0.000137203		
Total	5.0112	18			

Tabla 34. Porcentajes de los coeficientes de determinación del ajuste del modelo completo para fracturabilidad.

<i>Modelo</i>	<i>Error estándar</i>	<i>R²</i>	<i>R² (ajustado)</i>
Lineal	0.0601245	69.29	62.70
Cuadrático	0.0397741	92.32	83.68
Cúbico Especial	0.0117134	99.67	98.58

Tabla 35. Ajuste y análisis de varianza del modelo cúbico especial para fracturabilidad.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo cúbico especial	0.164229	13	0.012633	92.07	0.0003
Error total	0.000548822	4	0.000137205		
Total (corr.)	0.164778	17			

$R^2 = 99.6669 \%$

R^2 (ajustado) = 98.5845 %

Error estándar de estimación = 0.0117135

Error absoluto medio = 0.00419675

Tabla 36. Coeficientes en términos de factores codificados del modelo cúbico especial para fracturabilidad.

<i>Componentes</i>	<i>Coeficientes estimados</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
X ₁	0.329942	0.00828239		
X ₂	0.664942	0.00828239		
X ₃	0.579942	0.00828239		
X ₄	0.459884	0.0117127		
X ₁ X ₂	0.0939295	0.0521792	1.80013	0.1462
X ₁ X ₃	0.0239295	0.0521792	0.458601	0.6703
X ₁ X ₄	0.464045	0.0547339	8.4782	0.0011
X ₂ X ₃	-0.406071	0.0521792	-7.78223	0.0015
X ₂ X ₄	0.274045	0.0547339	5.00686	0.0075
X ₃ X ₄	-0.435955	0.0547339	-7.96499	0.0013
X ₁ X ₂ X ₃	-1.24305	0.37656	-3.30107	0.0299
X ₁ X ₂ X ₄	-0.823215	0.377303	-2.18184	0.0945
X ₁ X ₃ X ₄	2.55179	0.377303	6.76323	0.0025
X ₂ X ₃ X ₄	1.93679	0.377303	5.13324	0.0068

Tabla 37. Análisis de los efectos estimados del modelo completo para proteína.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	2244.5	1	2244.5		
Lineal	8.80411	3	2.9347	57.44	<0.0001
Cuadrático	0.58231	6	0.0970516	5.84	0.0130
Cúbico Especial	0.11068	4	0.0276699	4.96	0.0749
Error	0.0222968	4	0.0055742		
Total	2254.02	18			

Tabla 38. Porcentajes de los coeficientes de determinación del ajuste del modelo completo para proteína.

<i>Modelo</i>	<i>Error estándar</i>	<i>R²</i>	<i>R² (ajustado)</i>
Lineal	0.226035	92.49	90.88
Cuadrático	0.128927	98.60	97.03
Cúbico Especial	0.0746606	99.77	99.00

Tabla 39. Ajuste y análisis de varianza del modelo cuadrático para proteína.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	9.38642	9	1.04294	62.74	<0.0001
Error total	0.13298	8	0.0166225		
Total (corr.)	9.5194	17			

$R^2 = 98.6031 \%$

R^2 (ajustado) = 97.0315 %

Error estándar de estimación = 0.128928

Error absoluto medio = 0.0622256

Tabla 40. Coeficientes en términos de factores codificados del modelo cuadrático para proteína.

<i>Componentes</i>	<i>Coefficientes estimados</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
X ₁	12.6328	0.0906329		
X ₂	10.6698	0.0906329		
X ₃	10.3623	0.0906329		
X ₄	10.1047	0.127427		
X ₁ X ₂	0.12858	0.502398	0.255933	0.8045
X ₁ X ₃	1.06171	0.502398	2.11328	0.0675
X ₁ X ₄	1.25585	0.526257	2.38638	0.0441
X ₂ X ₃	-0.394946	0.502398	-0.786121	0.4544
X ₂ X ₄	2.0792	0.526257	3.95092	0.0042
X ₃ X ₄	1.85232	0.526257	3.51981	0.0078

Tabla 41. Análisis de los efectos estimados del modelo completo para el sabor.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	1120.22	1	1120.22		
Lineal	14.9775	3	4.99249	24.96	<0.0001
Cuadrático	1.36418	6	0.227364	1.27	0.3681
Cúbico Especial	1.4226	4	0.355649	105.25	0.0003
Error	0.0135158	4	0.00337894		
Total	1138.0	18			

Tabla 42. Porcentajes de los coeficientes de determinación del ajuste del modelo completo para el sabor.

<i>Modelo</i>	<i>Error estándar</i>	<i>R²</i>	<i>R² (ajustado)</i>
Lineal	0.447237	84.25	80.87
Cuadrático	0.423691	91.92	82.83
Cúbico Especial	0.0581287	99.92	99.68

Tabla 43. Ajuste y análisis de varianza del modelo cúbico especial para el sabor.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cúbico Especial	17.7643	13	1.36648	404.46	<0.0001
Error total	0.013514	4	0.0033785		
Total (corr.)	17.7778	17			

$R^2 = 99.924 \%$

R^2 (ajustada por g.l.) = 99.6769 %

Error estándar del est. = 0.0581249

Error absoluto medio = 0.0168188

Tabla 44. Coeficientes en términos de factores codificados del modelo cúbico especial para el sabor.

<i>Componentes</i>	<i>Coeficientes estimados</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
X ₁	6.00068	0.0410991		
X ₂	9.00068	0.0410991		
X ₃	9.00068	0.0410991		
X ₄	9.00135	0.058121		
X ₁ X ₂	-2.04595	0.258925	-7.90171	0.0014
X ₁ X ₃	-2.04595	0.258925	-7.90171	0.0014
X ₁ X ₄	-2.0473	0.271602	-7.53788	0.0017
X ₂ X ₃	-0.0459515	0.258925	-0.17747	0.8678
X ₂ X ₄	-4.0473	0.271602	-14.9016	0.0001
X ₃ X ₄	-4.0473	0.271602	-14.9016	0.0001
X ₁ X ₂ X ₃	-13.6193	1.86858	-7.28859	0.0019
X ₁ X ₂ X ₄	25.3828	1.87227	13.5573	0.0002
X ₁ X ₃ X ₄	25.3828	1.87227	13.5573	0.0002
X ₂ X ₃ X ₄	-1.61721	1.87227	-0.863772	0.4364

Tabla 45. Análisis de los efectos estimados del modelo completo para la apariencia.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	938.889	1	938.889		
Lineal	9.21185	3	3.07062	11.02	0.0006
Cuadrático	2.41685	6	0.402809	2.17	0.1529
Cúbico Especial	0.981563	4	0.245391	1.96	0.2653
Error	0.500845	4	0.125211		
Total	952.0	18			

Tabla 46. Porcentajes de los coeficientes de determinación del ajuste del modelo completo para la apariencia.

<i>Modelo</i>	<i>Error estándar</i>	<i>R²</i>	<i>R² (ajustado)</i>
Lineal	0.527749	70.26	63.89
Cuadrático	0.430466	88.69	75.97
Cúbico Especial	0.353852	96.18	83.76

Tabla 47. Ajuste y análisis de varianza del modelo cúbico especial para la apariencia.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cúbico Especial	12.6103	13	0.97002	7.75	0.0309
Error total	0.500845	4	0.125211		
Total (corr.)	13.1111	17			

$R^2 = 96.18 \%$

R^2 (ajustada) = 83.765 %

Error estándar del est. = 0.353852

Error absoluto medio = 0.059743

Tabla 48. Coeficientes en términos de factores codificados del modelo cúbico especial para la apariencia.

<i>Componentes</i>	<i>Coefficientes estimados</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
X ₁	5.99983	0.250203		
X ₂	7.99983	0.250203		
X ₃	8.49983	0.250203		
X ₄	7.99966	0.353828		
X ₁ X ₂	0.0114921	1.57628	0.00729062	0.9945
X ₁ X ₃	-4.98851	1.57628	-3.16473	0.0340
X ₁ X ₄	-3.98817	1.65346	-2.41202	0.0734
X ₂ X ₃	-0.988508	1.57628	-0.627114	0.5646
X ₂ X ₄	0.0118301	1.65346	0.00715475	0.9946
X ₃ X ₄	-4.98817	1.65346	-3.01681	0.0393
X ₁ X ₂ X ₃	4.15491	11.3755	0.365251	0.7334
X ₁ X ₂ X ₄	2.65441	11.398	0.232884	0.8273
X ₁ X ₃ X ₄	28.1544	11.398	2.47013	0.0689
X ₂ X ₃ X ₄	-13.8456	11.398	-1.21475	0.2913

Tabla 49. Soluciones totales obtenidas tras la optimización simultanea de respuestas.

Fórmula	Harina de Tarwi	Harina de Trigo	Margarina	Azúcar	Fracturabilidad	Proteína	Sabor	Apariencia	Descabilidad
1	0.000	0.859	0.000	0.141	0.668	10.828	8.498	7.924	0.626
2	0.000	1.000	0.000	0.000	0.669	10.654	8.996	7.915	0.613
3	0.289	0.000	0.376	0.334	0.550	11.397	8.119	7.012	0.532
4	0.078	0.000	0.922	0.000	0.562	10.594	8.618	7.901	0.525
5	0.500	0.500	0.000	0.000	0.502	11.648	6.991	6.966	0.428