

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



"FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL
Y VIDA ÚTIL DE GALLETAS PARCIALMENTE SUSTITUIDAS
CON HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*),
EDULCORADAS CON STEVIA
(*Stevia rebaudiana* Bertoni)"

Luz Clarita Rafael Mendoza

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesora: Mtra. Tania Jakeline Choque Rivera
Co-asesor: M.Sc. Adalht Jhony Arisaca Parillo



Juliaca, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**"FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL
Y VIDA ÚTIL DE GALLETAS PARCIALMENTE SUSTITUIDAS
CON HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*),
EDULCORADAS CON STEVIA
(*Stevia rebaudiana* Bertoni)"**

Luz Clarita Rafael Mendoza

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesora: Mtra. Tania Jakeline Choque Rivera
Co-asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo



Juliaca, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIA



“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL
Y VIDA ÚTIL DE GALLETAS PARCIALMENTE SUSTITUIDAS
CON HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*),
EDULCORADAS CON STEVIA
(*Stevia rebaudiana* Bertoni)”

Luz Clarita Rafael Mendoza

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesora: Mtra. Tania Jakeline Choque Rivera

Co-asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Rafael, L. (2025). *Formulación y evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas parcialmente sustituidas con harina de cushuro (Nostoc sphaericum), edulcoradas con stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*. [Tesis de pregrado en Ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca]. Juliaca.

AUTOR: Luz Clarita Rafael Mendoza

TÍTULO: Formulación y evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas parcialmente sustituidas con harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*), edulcoradas con stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni).

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2025

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (143 pp)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias - Universidad Nacional de Juliaca

CÓDIGO: 03-000039-03/R16

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: Mtra. Tania Jakeline Choque Rivera

CO-ASESOR: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

PALABRAS CLAVES: Cushuro, galletas, hierro, proteína, stevia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y
VIDA ÚTIL DE GALLETAS PARCIALMENTE SUSTITUIDAS CON
HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*), EDULCORADAS
CON STEVIA (*Stevia rebaudiana* Bertoni)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

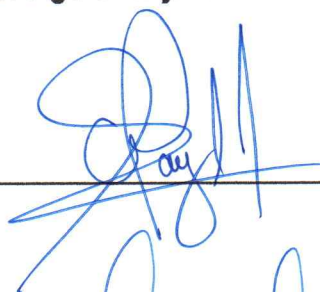
Presentada por:

Luz Clarita Rafael Mendoza

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

D.Sc. Olivia Magaly Luque Vilca

PRESIDENTE DE JURADO



Mgtr. Mateo Quispe Capajaña

JURADO (Secretario)



2° MIEMBRO

M.Sc. Lenin Quille Quille

JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



**Mtra. Tania Jakeline Choque Rivera
ASESOR DE TESIS**



**M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo
CO-ASESOR DE TESIS**

Luz Clarita Rafael Mendoza

“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA, SENSORIAL Y VIDA ÚTIL DE GALLETAS PARCIALMENTE SUST...”



Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:471199455

143 Páginas

6880 Palabras

Fecha de entrega

1 jul 2025, 10:12 p.m. GMT-5

37.629 Caracteres

Fecha de descarga

1 jul 2025, 10:15 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA, SENSORIAL Y VIDA ÚTIL DE GALLETAS PARCIALM....pdf




Tamaño de archivo

59.0 MB

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

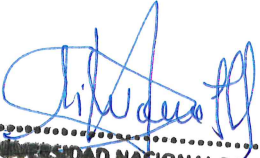
Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Facultad de Ingeniería de Procesos Industriales
Unidad de Investigación

DEDICATORIA

Expreso mi más sincera gratitud a Dios, por ser mi guía constante y darme la fortaleza necesaria para afrontar cada desafío a lo largo de esta investigación. A mis queridos padres, José y Gloria, gracias por su amor incondicional y por convertirse en la fuente de inspiración que ha sustentado cada uno de mis logros. Extiendo este reconocimiento a mis hermanos, por sus valiosas enseñanzas, consejos y por acompañarme incondicionalmente en este camino. Agradezco también a mis amigos, cuyo aliento y motivación me impulsaron a seguir adelante y alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud, deseo expresar mi agradecimiento a Dios, por concederme el don de la vida, la salud y la oportunidad de aprovechar cada día al máximo, permitiéndome alcanzar mis metas y objetivos con determinación y esperanza.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Juliaca y a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por haberme brindado una formación académica sólida y una orientación valiosa a lo largo de este camino.

Asimismo, agradezco profundamente a mis asesores, la Mtra. Tania Jakeline Choque Rivera y M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo, por su constante respaldo, guía oportuna y recomendaciones enriquecedoras durante el desarrollo de esta investigación.

Extiendo mi gratitud a mis jurados, D.Sc. Olivia Magaly Luque Vilca, Mgtr. Mateo Quispe Capajaña y M.Sc. Lenin Quille Quille, cuyas observaciones y orientaciones fueron fundamentales para mejorar y concluir este trabajo.

A mis padres y hermanos, quienes han sido mi mayor fuente de apoyo en este recorrido académico, les agradezco por ser un ejemplo constante a través de sus enseñanzas, consejos y por su presencia en los momentos en que más los necesité.

Finalmente, expreso un sincero agradecimiento al encargado del taller de panificación y a los laboratorios de la EPIIA, sede Ayabacas, así como al laboratorio de microbiología sede Capilla UNAJ.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXO	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivos Generales	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.2. CUSHURO (<i>Nostoc sphaericum</i>)	7
2.2.1. Aspectos generales del cushuro.....	7
2.2.2. Clasificación taxonómica del cushuro.	9
2.2.3. Composición química del cushuro.	9
2.2.4. Composición nutricional del cushuro.	10
2.2.5. Principales componentes del cushuro (<i>Nostoc sphaericum</i>).....	11
2.3. STEVIA (<i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni).	12

2.3.1.	Aspectos generales de la stevia.	12
2.3.2.	Clasificación taxonómica	13
2.3.3.	Composición nutricional de hoja de stevia	13
2.3.4.	Propiedades edulcorantes.....	14
2.3.5.	Aplicaciones de la stevia en la industria alimentaria.	14
2.4.	HARINA DE TRIGO.....	14
2.4.1.	Composición química de la harina de trigo.....	15
2.4.2.	Análisis fisicoquímicos de los alimentos.	16
2.5.	PROTEINA	17
2.6.	HIERRO.....	18
2.7.	GALLETAS	18
2.7.1.	Clasificación de las galletas.	19
2.7.2.	Requisitos de los parámetros fisicoquímicos de las galletas.	19
2.7.3.	Características y factores determinantes de la calidad de las galletas.	20
2.7.4.	Función de los ingredientes en la elaboración de galletas.	20
2.8.	ANÁLISIS SENSORIAL	21
2.8.1	Pruebas afectivas.....	21
2.8.2.	Clasificación de las pruebas de evaluación sensorial.....	22
2.9.	VIDA ÚTIL.....	23
2.9.1.	Pruebas aceleradas de Vida útil.....	24
2.10.	METODOLOGIA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (MSR).....	27
2.10.1.	ETAPAS DE LA OPTIMIZACIÓN.....	27

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.1.1.	Hipótesis generales	30
3.1.2.	Hipótesis específicas	30

3.2.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.2.1.	Lugar de ejecución	30
3.2.2.	Materia prima.....	31
3.2.3.	Insumos	31
3.2.4.	Equipos e instrumentos.....	31
3.3.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	33
3.3.1.	Descripción del proceso de elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro.....	34
3.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL	35
3.5.	DIAGRAMA EXPERIMENTAL.....	37
3.6.	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	38
3.6.1.	Análisis proximal de la materia prima	38
3.6.2.	Primer objetivo: Determinar los porcentajes óptimos de la adición de harina de cushuro y harina de trigo en galletas edulcoradas con stevia, sobre el contenido de proteína y hierro.	38
3.6.3.	Segundo objetivo: Evaluar el grado de satisfacción de las galletas con mayor contenido de proteína y hierro.....	40
3.6.4.	Tercer objetivo: Determinar la vida útil de la galleta con mayor grado de satisfacción.....	41

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE LA HARINA DE CUSHURO	43
4.2.	DETERMINACIÓN DE LOS PORCENTAJES ÓPTIMOS DE LA ADICIÓN DE HARINA DE CUSHURO Y HARINA DE TRIGO EN GALLETAS EDULCORADAS CON STEVIA SOBRE EL CONTENIDO DE PROTEÍNA Y HIERRO.....	44
4.3.	PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LAS GALLETAS CON MAYOR CONTENIDO DE PROTEÍNA Y HIERRO	65

4.3.1.	Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo color.	65
4.3.2.	Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo olor.	66
4.3.3.	Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo sabor.....	67
4.3.4.	Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo textura.	68
4.3.5.	Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo de la Apariencia general.....	69
4.4.	DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL DE LAS GALLETAS CON MAYOR GRADO DE SATISFACCIÓN MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS.	71
4.4.1.	EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN GALLETAS CON CUSHURO DURANTE EL ALMACENAMIENTO.	71
4.4.2.	EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ EN GALLETAS CON CUSHURO DURANTE EL ALMACENAMIENTO.	77
4.4.3.	EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE INDICE DE PERÓXIDO EN GALLETAS CON CUSHURO DURANTE EL ALMACENAMIENTO.	82
4.4.4.	EVALUACIÓN DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LAS GALLETAS DE CUSHURO DURANTE EL ALMACENAMIENTO.	88

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES	89
5.2.	RECOMENDACIONES.....	90
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
	ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Composición proximal del cushuro fresco en muestra seca.	10
Tabla 2:	Composición nutricional del cushuro deshidratado.	10
Tabla 3:	Valor nutricional de Alimentos andinos.....	11
Tabla 4:	Contenido de aminoácidos esenciales del cushuro deshidratado.	12
Tabla 5:	Composición nutricional de la hoja de stevia seca.....	13
Tabla 6:	Relación de equivalencia entre stevia y azúcar.....	14
Tabla 7:	Composición química de la harina de trigo (por 100g de producto).	15
Tabla 8:	Contenido de aminoácidos esenciales del trigo para 100 g de proteína.....	16
Tabla 9:	Cantidades diarias recomendadas de ingesta de proteína.	17
Tabla 10:	Recomendaciones diarias de ingesta de hierro.	18
Tabla 11:	Límites máximos permisibles de los parámetros fisicoquímicos para las galletas.	19
Tabla 12:	Formulación empleada en la elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro.....	35
Tabla 13:	Variables independientes del diseño experimental DCC, valores y codificaciones empleados en la optimización de mezclas de la harina de trigo y harina de cushuro.....	35
Tabla 14:	Tratamientos obtenidos mediante el diseño central compuesto para la elaboración de las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro.	36
Tabla 15:	Composición proximal obtenida de la harina de cushuro analizada en el estudio.....	43
Tabla 16:	Resultados de proteína, humedad, cenizas y hierro de los diferentes tratamientos obtenidos en galletas.	44
Tabla 17:	Niveles mínimo, máximo y óptimo de sustitución de harinas de trigo por harina de cushuro	49

Tabla 18: Niveles mínimo, máximo y óptimo de las harinas de trigo y cushuro	55
Tabla 19: Niveles mínimo, máximo y óptimo en las galletas de cushuro.....	59
Tabla 20: Niveles mínimo, máximo y óptimo de las harinas de trigo y cushuro	64
Tabla 21: Coeficientes de correlación empleados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema.....	73
Tabla 22: Constante de velocidad de incremento del porcentaje de humedad (k) en las galletas, determinadas a temperaturas 30 y 40°C.....	73
Tabla 23: Valor del parámetro asociado a la energía de activación E_a/R en el proceso de absorción de humedad en las galletas.	75
Tabla 24: Tiempo de vida útil θ de las galletas elaboradas con harina de cushuro, considerando los parámetros cinéticos y las condiciones de almacenamiento evaluado.	75
Tabla 25: Coeficientes de correlación empleados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema.....	78
Tabla 26: Constante de velocidad de incremento del porcentaje de humedad (k) en las galletas, determinadas a temperaturas 30 y 40°C.....	79
Tabla 27: Valor del parámetro asociado a la energía de activación E_a/R en el proceso de absorción de la acidez en las galletas.....	80
Tabla 28: Tiempo de vida útil θ de las galletas elaboradas con harina de cushuro, considerando los parámetros cinéticos y las condiciones de almacenamiento evaluado	81
Tabla 29: Coeficientes de correlación empleados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema.....	83
Tabla 30: Constante de velocidad de incremento del porcentaje de humedad (k) en las galletas, determinadas a temperaturas 30 y 40°C.....	84
Tabla 31: Valor del parámetro asociado a la energía de activación E_a/R en el proceso de absorción del IP en las galletas.	85

Tabla 32: Tiempo de vida útil θ de las galletas elaboradas con harina de cushuro, considerando los parámetros cinéticos y las condiciones de almacenamiento evaluado.	86
Tabla 33: Resultado del análisis microbiológico de las galletas almacenadas a 30 y 40°C.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cushuro (<i>Nostoc sphaericum</i>).....	8
Figura 2: Estructura química de esteviósido.	13
Figura 3: Harina de trigo.	15
Figura 4: Clasificación de pruebas sensoriales.....	22
Figura 5: Escala hedónica de cinco puntos	23
Figura 6: Coordenadas del diseño central compuesto.....	29
Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de galletas con sustitución de harina de cushuro.....	33
Figura 8: Diagrama experimental aplicado en la elaboración de galleta formuladas con harina de cushuro.	37
Figura 9: Diseño experimental para la elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro.....	39
Figura 10: Diseño experimental para evaluar el grado de satisfacción de las galletas con alto contenido de proteína y hierro.	40
Figura 11: Diseño experimental para determinar la vida útil de las galletas con mayor grado de satisfacción.....	41
Figura 12: Diagrama de Pareto estandarizada para el % proteína de las galletas.	46
Figura 13: Grafica de efectos principales para el % proteína de las galletas.....	47
Figura 14: Grafica de Superficie de Respuesta para el % de proteína de la galleta.	48
Figura 15: Grafica del contorno de superficie respuesta de proteína de la galleta.	49
Figura 16: Gráfico de intervalo de proteína vs tratamientos en galletas.	50
Figura 17: Diagrama de Pareto estandarizada para el % Hierro de las galletas.....	51
Figura 18: Grafica de efectos principales para el % hierro de las galletas.	53

Figura 19: Grafica de Superficie de Respuesta para el contenido de hierro en la galleta.	54
Figura 20: Grafica de contorno de superficie respuesta de hierro de la galleta.	54
Figura 21: Gráfico de intervalo de Hierro vs tratamientos en galletas.	55
Figura 22: Diagrama de Pareto estandarizada para él % Humedad de las galletas.....	56
Figura 23: Grafica de efectos principales para él % humedad de las galletas.	57
Figura 24: Grafica de Superficie de Respuesta para el contenido de humedad en la galleta.	58
Figura 25: Grafica de contorno de superficie respuesta de humedad de la galleta.	59
Figura 26: Gráfico de intervalo de Humedad vs tratamientos en galletas.	60
Figura 27: Diagrama de Pareto estandarizada para él % cenizas de las galletas.	61
Figura 28: Grafica de efectos principales para él % cenizas de las galletas.	62
Figura 29: Grafica de Superficie de Respuesta para el contenido de cenizas en la galleta.	63
Figura 30: Grafica de contorno de superficie respuesta de cenizas de la galleta.	63
Figura 31: Gráfico de intervalo de Ceniza vs tratamientos en galletas.	64
Figura 32: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Color”.....	65
Figura 33: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Olor”.	66
Figura 34: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Sabor”.	67
Figura 35: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Textura”.	68
Figura 36: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Apariencia general”.....	70

Figura 37: Cinética de Orden cero correspondiente a la variación de % humedad en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.....	72
Figura 38: Cinética de primer orden correspondiente a la variación de % humedad en la galleta en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.....	72
Figura 39: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad $\text{Ln}(k)$ y la inversa de la temperatura ($1/T$) para él % Humedad en la muestra control.....	74
Figura 40: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad $\text{Ln}(k)$ y la inversa de la temperatura ($1/T$) para él % Humedad en la muestra optima.....	74
Figura 41: Cinética de Orden cero correspondiente a la variación de % acidez en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.	77
Figura 42: Cinética del primer orden correspondiente a la variación de % acidez en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima	78
Figura 43: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad $\text{Ln}(k)$ y la inversa de la temperatura ($1/T$) para él % Acidez en la muestra control.....	79
Figura 44: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad $\text{Ln}(k)$ y la inversa de la temperatura ($1/T$) para él % Acidez en la muestra optima.....	80
Figura 45: Cinética de Orden cero correspondiente a la variación de % IP en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.	82
Figura 46: Cinética de primer orden correspondiente a la variación de % IP en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.	83

Figura 47: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad $\ln(k)$ y la inversa de la temperatura ($1/T$) para el % IP en la muestra control.	84
Figura 48: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad $\ln(k)$ y la inversa de la temperatura ($1/T$) para el % IP en la muestra optima.....	85

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1: Preparación y horneado de las galletas.	99
Anexo 2: Análisis sensorial de las galletas con mayor contenido de proteína y hierro.	99
Anexo 3: Condiciones de almacenamiento en estufas a temperatura de 30° C y 40 °C.....	100
Anexo 4: Determinación del contenido de acidez en las galletas, expresado en porcentaje de ácido láctico.	101
Anexo 5: Determinación del contenido de cenizas en las galletas.	101
Anexo 6: Preparación de muestras para determinar el peróxido en las galletas.	101
Anexo 7: Determinación del contenido de índice de peróxido en las galletas.	102
Anexo 8: Preparación de medios de cultivos para el análisis microbiológico.	102
Anexo 9: Verificación y recuento de colonias de mohos y levaduras.	102
Anexo 10: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Color.....	103
Anexo 11: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Olor.	104
Anexo 12: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Sabor.	106
Anexo 13: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Textura.....	107
Anexo 14: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Apariencia general.	109
Anexo 15: Determinación de humedad.....	110
Anexo 16: Determinación de cenizas.	110
Anexo 17: Determinación de índice de peróxido.	111
Anexo 18: Determinación de acidez.....	113
Anexo 19: Análisis microbiológico.....	114
Anexo 20: Determinación de vida útil.	114
Anexo 21: Evaluación sensorial.....	116

Anexo 22: Evaluación mediante Análisis de Varianza del Contenido de Proteína en la Elaboración de Galletas.....	116
Anexo 23: Análisis de varianza del contenido de proteína para la galleta control y optima	117
Anexo 24: Evaluación mediante Análisis de Varianza del Contenido de Hierro en la elaboración de la galleta.	117
Anexo 25: Análisis de varianza del contenido de Hierro para la galleta control y optima.....	118
Anexo 26: Evaluación mediante Análisis de Varianza del Contenido de Humedad en la elaboración de la galleta.....	118
Anexo 27: Análisis de varianza del contenido de Humedad para la galleta control y optima	118
Anexo 28: Evaluación mediante Análisis de Varianza del Contenido de Cenizas en la elaboración de la galleta.	119
Anexo 29: Análisis de varianza del contenido de Ceniza para la galleta control y optima.....	119
Anexo 30: Resultados del análisis de la prueba de Friedman para el atributo color.	120
Anexo 31: Resultados del análisis de la prueba de Friedman para el atributo olor.....	120
Anexo 32: Resultados del análisis de la prueba de Friedman para el atributo sabor.....	120
Anexo 33: Resultados del análisis de la prueba de Friedman para el atributo Textura.	121
Anexo 34: Resultados de análisis de la prueba de Friedman para el atributo de apariencia general.....	121
Anexo 35: Reporte de laboratorio de Catálisis y absorbentes del análisis de proteína, humedad, cenizas y hierro de las 13 formulaciones.....	122

RESUMEN

Esta investigación se centra en el aprovechamiento de la cianobacteria *Nostoc sphaericum*, la cual presenta niveles significativos de proteína y hierro, contribuyendo potencialmente a la disminución de la anemia y desnutrición en las personas. El objetivo principal consiste en formular y evaluar las características fisicoquímicas, sensoriales y la vida útil de galletas enriquecidas con harina de cushuro, resaltando su alto valor nutricional y dirigido a niños en edad escolar (7 a 11 años). Para ello, se diseñaron 13 tratamientos mediante el Método de Diseño Central Compuesto (DCC), identificando que el tratamiento óptimo fue T2 (15% de harina de cushuro y 85% de harina de trigo) presentó las mejores características nutricionales, con un 10.42% de proteína y 10.15 mg/100 g de hierro. La aceptación sensorial de las galletas se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman utilizando una escala hedónica facial de 5 puntos, resultando que el tratamiento T4 (15% de harina de cushuro y 95% de harina de trigo) obtuvo la mayor preferencia, con un contenido de 9.88% de proteína y 7.19 mg/100 g de hierro. Para establecer la vida útil, se evaluaron parámetros como humedad, acidez, índice de peróxido, mohos y levaduras, empleando pruebas aceleradas basadas en la ecuación de Arrhenius. Los resultados indican que el tratamiento control T0, almacenado a 30 °C, alcanzó una vida útil de 88 días, seguido por el tratamiento T4 con 85 días. A una temperatura de 40 °C, la vida útil disminuyó a 80 días para T0 y a 70 días para T4. Además, se demostró un comportamiento similar en los parámetros de acidez e índice de peróxido, lo que confirma que la vida útil decrece conforme aumenta la temperatura. Finalmente, los análisis microbiológicos demostraron la ausencia de mohos y levaduras, cumpliendo con los estándares establecidos en la Norma Técnica Peruana 206.001 (2016).

Palabras clave: cushuro, galletas, hierro, proteína, Stevia

ABSTRACT

This research focuses on the use of the cyanobacterium *Nostoc sphaericum*, which presents significant levels of protein and iron, potentially contributing to the reduction of anemia and malnutrition in people. The main objective is to formulate and evaluate the physicochemical, sensory characteristics and shelf life of cookies enriched with cushuro flour, highlighting its high nutritional value and aimed at school-aged children (7 to 11 years). For this purpose, 13 treatments were designed using the Central Composite Design (CCD) Method, identifying that the optimal treatment was T2 (15% cushuro flour and 85% wheat flour) presented the best nutritional characteristics, with 10.42% protein and 10.15 mg/100 g of iron. Sensory acceptance of the cookies was assessed using the nonparametric Friedman test using a 5-point facial hedonic scale. Treatment T4 (15% cushuro flour and 95% wheat flour) was the most preferred, with a protein content of 9.88% and iron content of 7.19 mg/100 g. Shelf life was determined by parameters such as humidity, acidity, peroxide value, mold, and yeast content using accelerated tests based on the Arrhenius equation. Results indicate that the control treatment T0, stored at 30 °C, had a shelf life of 88 days, followed by treatment T4, with 85 days. At 40 °C, shelf life decreased to 80 days for T0 and 70 days for T4. Similar behavior was observed for the acidity and peroxide value parameters, confirming that shelf life decreased as temperature increased. Finally, microbiological analyses demonstrated the absence of molds and yeasts, complying with the standards established in Peruvian Technical Standard 206.001 (2016).

Keywords: cushuro, cookies, iron, protein, stevia.

INTRODUCCIÓN

En Perú, actualmente se están desarrollando distintos productos alimenticios dirigidos a la población infantil, con el propósito de optimizar su estado nutricional y promover hábitos de vida saludables. El mercado ha desplazado el propósito fundamental de los alimentos, que radica en brindar un valor nutricional en la dieta diaria y evitar el consumo de calorías, los cuales carecen de beneficios significativos para la salud. Esta tendencia no solo desvirtúa la función principal de la alimentación, sino que también contribuye a problemas nutricionales como la desnutrición, deficiencia de micronutrientes y enfermedades relacionadas con una mala alimentación (Cutipa, 2022).

La desnutrición y la anemia representan un grave problema de salud pública a escala global. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente 2.000 millones de personas padecen anemia ferropénica, siendo la población infantil uno de los grupos más afectados. Esta condición puede generar diversas alteraciones, como retraso en el desarrollo psicomotor, particularmente en el ámbito del lenguaje, alteraciones en el crecimiento físico, reducción de la capacidad motora (Lizarraga *et al.*, 2017).

El cushuro (*Nostoc sphaericum*) es una cianobacteria andina que crece en ecosistemas acuáticos del Perú como lagunas y manantiales. Destaca por su elevado contenido proteico y de hierro disponible, lo que lo convierte en un recurso alimenticio valioso para combatir deficiencias nutricionales (Alvarado y Rodríguez, 2017). Además, esta alga aporta sustancias bioactivas que enriquecen los alimentos y se emplea como ingrediente en la preparación de ensaladas, harinas, snacks, panes, bebidas y cremas, gracias a sus efectos antioxidantes y potencial anticancerígenos (Jurado *et al.*, 2014). Por otro lado, la stevia se presenta como un edulcorante natural no calórico, apto para reemplazar azúcar convencional. Aporta proteínas, vitaminas y minerales. Sus propiedades hipoglucémicas mejoran la tolerancia a la glucosa, por lo que resulta beneficiosa para personas con diabetes (Jara, 2019).

En este marco, el presente estudio busca desarrollar y analizar galletas enriquecidas con harina de cushuro y edulcoradas con stevia, evaluando sus propiedades fisicoquímicas, características sensoriales y vida útil. Este producto se destaca por su alto valor nutricional, particularmente por su contenido de proteínas y hierro biodisponible, lo que le convierte en una alternativa alimenticia prometedora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

La anemia y la desnutrición representan problemas críticos de salud pública a nivel mundial, especialmente porque afectan el desarrollo infantil y crecimiento debido a la falta de una dieta equilibrada y la insuficiencia en la prevención de enfermedades. Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y la Encuesta Demográfica de Salud Familiar (ENDES) 2019, la región Puno lidera las estadísticas con 69.9% que afecta a la mayor parte de los niños. Esto equivale a que 7 de cada 10 niños en la región padecen esta condición, lo cual significa que esta situación es un problema de salud. La anemia, generalmente causada por deficiencia de hierro, no solo está vinculada a la ración de alimentos consumidos, sino con su calidad nutricional. Se entiende que un niño mal nutrido presenta un bajo peso y talla para su edad, así como riesgos de sobrepeso u obesidad (Villacres *et al.*, 2023). Esta condición se caracteriza por niveles reducidos de hemoglobina en la sangre, lo que repercute negativamente en el rendimiento escolar y debilitando las defensas del organismo, aumentando el riesgo de contraer diversas enfermedades. Para prevenirla se requiere una alimentación adecuada, especialmente rica en nutrientes esenciales, como hierro y las proteínas, lo cuales favorecen un desarrollo saludable.

La región de Puno posee variedades de recursos alimenticios de buena calidad nutricional como las algas andinas, que contiene numerosos beneficios nutricionales. No obstante, tanto en Puno como a nivel nacional, la población no recibe la atención adecuada en materia de nutrición. Si se fomentara una mayor conciencia sobre la importancia del valor nutricional de los alimentos, se podría reducir significativamente la incidencia de diversas enfermedades que afectan a la sociedad en la actualidad. Entre ellas, la anemia y la desnutrición, que han alcanzado niveles preocupantes en el país en las últimas décadas. En este sentido, la

combinación de harina de trigo con harina de cushuro representa una fuente rica en proteína, hierro y otros nutrientes esenciales, lo que la convierte en una alternativa prometedora para contribuir a la prevención y reducción de la anemia en la población infantil.

Teniendo en cuenta esta realidad problemática de alimentación no saludable, proponemos reinventar un producto saludable como las galletas nutritivas para prevenir enfermedades en el futuro, porque contaremos con el cushuro un alga andina y un edulcorante natural stevia, insumos con un valor nutricional imponente.

A partir de esta propuesta, surgen las siguientes preguntas de investigación.

Pregunta general:

- ¿Cuál será la formulación y evaluación de las características fisicoquímicas, sensoriales y vida útil en las galletas parcialmente sustituidas con harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y edulcoradas con stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni)?

Preguntas específicas:

- ¿Cuáles son los porcentajes óptimos de la adición de harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y harina de trigo en galletas edulcoradas con stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), sobre el contenido de proteína y hierro?
- ¿Cuál será el grado de satisfacción (color, olor, sabor, textura y apariencia general) de las galletas con mayor contenido de proteína y hierro?
- ¿Cuál será el tiempo de vida útil de una galleta con el mayor grado de satisfacción?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivos Generales

- Formular y evaluar las características fisicoquímicas, sensoriales y vida útil en las galletas parcialmente sustituidas con harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y edulcoradas con stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los porcentajes óptimos de la adición de harina de cushuro y harina de trigo en galletas edulcoradas con stevia sobre el contenido de proteína y hierro.
- Evaluar el grado de satisfacción (color, olor, sabor, textura y apariencia general) de las galletas con mayor contenido de proteína y hierro.
- Determinar la vida útil de la galleta con mayor grado de satisfacción.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se centra al desarrollo e innovación de productos altamente nutritivos que contribuyan a mitigar las problemáticas de salud infantil como la anemia y la desnutrición, cuyas tasas se han aumentado significativamente en los últimos años. Por ello, el estudio busca determinar los parámetros óptimos para reemplazar de manera parcial la harina de trigo por harina de cushuro edulcorada con stevia. Este producto tendría una composición rica en proteína, hierro, vitaminas, antioxidantes, compuestos bioactivos, calcio, minerales y otros nutrientes esenciales. Las mezclas alimenticias pueden ayudar a reducir diversas enfermedades que afectan a los niños, las cuales son consecuencia de una alimentación inadecuada o la desnutrición infantil. Además, la accesibilidad y facilidad de consumo de estos productos constituyen una alternativa viable para los hogares que procuran ofrecer una nutrición equilibrada a los niños durante sus jornadas fuera del hogar. Este enfoque también promueve el consumo de alimentos accesibles elaborados con ingredientes locales de la región de Puno, contribuyendo no solo al bienestar nutricional, sino también al fortalecimiento del sector agroindustrial y a las prácticas sostenibles.

La región de Puno posee un gran potencial hidrobiológico con diversas especies, una de ellas se puede decir que es las algas de cushuro del género (*Nostoc sphaericum*), las cuales destacan por su morfología globular y gelatinosa, con tonalidades que varían entre verde azulado y el amarillo violáceo. Esta especie es reconocida por su alto contenido nutricional, ya que aporta proteínas, hierro, vitaminas, antioxidantes, compuestos bioactivos, calcio y otros minerales esenciales. En particular, contiene 25.4 g de proteína, 1046 g de calcio y por cada 100 gramos de frutos secos de vitamina A (Ponce, 2014). La incorporación de alimentos que aportan una adecuada cantidad de micronutrientes y macronutrientes es esencial para mejorar la salud general y el estado nutricional de la población. En este sentido, las galletas se presentan como una opción viable y estratégico, capaces de contribuir a la prevención de enfermedades como la anemia, desnutrición, sobrepeso y obesidad, favoreciendo una dieta más balanceada y saludable.

Por consiguiente, resulta esencial implementar estrategias y prácticas alimentarias alternativas que promuevan una nutrición adecuada en la población infantil. En este sentido, el uso de materias primas como el cushuro es clave, debido a su elevado valor nutricional, su diversidad de aminoácidos esenciales y su significativa concentración de proteínas de origen vegetal y hierro.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Asalde e Iparraguirre (2023), en su investigación “Determinación de las características nutricionales y sensoriales de galletas fortificadas con cushuro (*Nostoc sphaericum vauch*) y tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*)”. Se evaluó dos tipos de formulaciones de galletas, la primera formulación de galleta fue enriquecida con cushuro y tarwi (GCT), mientras que la segunda formulación de la galleta fue sin cushuro y tarwi (GS). El análisis sensorial se realizó mediante una escala hedónica de cinco puntos aplicada a 50 panelistas no entrenados, con edades entre 20 y 50 años. Asimismo, se realizó un análisis fisicoquímico que evidenció que las galletas GCT presentaron un mayor valor nutricional, con proteína (11.8 g), hierro (6.34 mg), grasas (15.8 g) y fibra (0.7 g) por cada 100 g de producto. Estos valores fueron más altos en comparación con las galletas GS que contienen 8.7 g de proteína, 3.78 mg/100g de hierro, 15 g de grasa y 0.0 g de fibra por cada 100 g. En conclusión, las galletas fortificadas con cushuro y tarwi (GCT) presentan un mayor contenido de hierro y proteína, lo que resalta su valor nutricional frente a la formulación sin estos ingredientes (GS).

Sosa (2021), en su estudio se evaluó la calidad nutricional y la aceptabilidad del cushuro procesado mediante deshidratación osmótica. Para ello, se aplicaron tres concentraciones distintas de sacarosa (45°Brix, 50°Brix y 55°Brix), durante ocho días. Posteriormente, se realizó un proceso de lavado y secado, seguido de una deshidratación utilizando aire caliente a 45 °C durante 8 horas. Para la deshidratación osmótica, se empleó una solución con una concentración de 50°Brix, manteniendo igualmente una temperatura de 45 °C por 8 horas en el secado por aire caliente. Los resultados mostraron que, por cada 100 g de producto en base seca, el cushuro presentó un contenido destacado de proteínas (20,33 g), grasas (5 g), calcio (1581 mg) y hierro (121 mg), lo cual confirma su elevado valor nutricional.

Alegre (2019), en su trabajo de investigación “Contenido de proteína, hierro y calcio de *Nostoc sphaericum* (Cushuro) proveniente de la laguna Conococha, Catac-Huaraz”. Analizo las propiedades nutricionales de esta cianobacteria. El estudio procesó 3 kg de cushuro fresco, obteniendo una muestra deshidratada y triturada de 30 gramos para su análisis nutricional. Los análisis realizados revelaron que la muestra deshidratada contenía $26,68 \pm 0,01$ % de proteína, $15,72 \pm 2,07$ mg/100g de hierro y $1260,13 \pm 35,80$ mg/100g de calcio. Con base en estos resultados, se concluyó que el cushuro en su presentación deshidratada posee un alto valor nutricional, cuyo consumo podría ser beneficioso para combatir deficiencias nutricionales como anemia, desnutrición y osteoporosis.

Macha (2019), investigo el “Conocimiento y aceptabilidad de platos a base de *Nostoc* como alternativa alimentaria en agentes comunitarios de salud en el distrito de pueblo libre, 2018”, analizo la percepción sobre este recurso alimenticio entre madres de familia. El estudio aplicó una encuesta a 65 madres de familia, cuyos resultados revelaron que el 38 % tenía un conocimiento bajo, el 25 % mediano y el 37 % alto. Posteriormente, diseñó una segunda encuesta para medir la aceptación de tres preparaciones culinarias (cushuro al natural, picante de cushuro y postre de cushuro), obteniendo porcentajes de aceptación de 35 %, 28 % y 28 %, respectivamente. Con base en estos hallazgos, el autor destacó la necesidad de ampliar la difusión sobre el *Nostoc*, con el fin de sensibilizar a la población sobre sus beneficios nutricionales tanto en su forma natural como deshidratada.

Leiva y Sulluchuco (2018), analizaron la aceptabilidad del cushuro (*Nostoc sphaericum*) por estudiantes universitarios, en preparaciones dulces y saladas. El estudio incluyó platos como piñón con cushuro, chupe con cushuro, empanada con cushuro y api con cushuro, utilizando un diseño no experimental, transversal y descriptivo, enfocada en la evaluación sensorial. El estudio contó con la participación de 125 estudiantes universitarios, quienes actuaron como jueces no entrenados y calificaron las preparaciones mediante una escala hedónica que incluía las opciones “Me gusta” y “Me gusta mucho”. Los resultados reflejaron una mayor preferencia por las opciones dulces (89 %) en comparación con las saladas (69 %), destacando la empanada como la preparación salada con mayor aceptación. Además, se identificó que la textura fue el más destacado en las preparaciones saladas, mientras que en las dulces predominaron otros factores sensoriales.

Barbosa *et al.* (2018), en su estudio titulado “Evaluación de la calidad de galletas reducidas en calorías endulzadas con hojas de *Stevia rebaudiana* Bertoni”. En su investigación,

elaboraron galletas a base de avena y chocolate utilizando hojas de stevia como sustituto del azúcar. Para ello, emplearon dos niveles de concentración: 2 % para la formulación A y 2,5 % para la formulación B. El análisis incluyó aspectos químicos, sensoriales y microbiológicos, además de una evaluación de la capacidad de conservación de las galletas. La metodología empleó un diseño experimental unifactorial con arreglo completamente aleatoria, utilizando técnicas estadísticas paramétricas para el procesamiento de datos. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) mediante el software Stat Graphics 5.1. Los resultados químicos mostraron que las galletas con 2% y 2,5% de stevia presentaron, respectivamente, 42,65% y 40,56% de carbohidratos, 27,34% y 25,79% de grasas, 17,13% y 21,14% de fibra cruda, 10,87% y 11,15% de proteínas, y 2,02% y 1,35% de cenizas. La formulación con 2,5% de stevia mostro una mayor aceptabilidad tanto sensorial como microbiológico. Después de seis meses de almacenamiento, las muestras se mantuvieron inocuas.

Girón (2016), desarrollo un estudio sobre la formulación bromatológica galletas funcionales elaboradas con harina de cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*), enriquecidas con harina de semillas de zambo (*Cucurbita ficifolia*) y endulzadas con stevia. Se evaluaron tres formulaciones (F1, F2 y F3), diferenciadas por la proporción de sus ingredientes principales. La formulación F2 fue seleccionada por su mejor desempeño en análisis sensorial y bromatológico, siendo su composición del 25 % de harina de trigo, 50 % de harina de cáscara de plátano verde, 25 % de harina de semillas de zambo y 5 g de stevia. Posteriormente, se evaluó una evaluación nutricional comparativa con una galleta comercial de la marca María, obteniéndose los siguientes valores: humedad (3.42 %), cenizas (4.27 %), fibra (5.13 %), proteína (12.89 %), grasa (7.21 %) y extracto libre de nitrógeno (67.44 %). En comparación con la galleta comercial, esta formulación mostró un contenido superior de calcio (30.42 mg/100 g), fósforo (37.6 mg/100 g) y vitamina C (22.41 mg/100 g). En conclusión, la galleta desarrollada ofrece una calidad nutricional destacable, aportando proteína, fibra, carbohidratos, minerales y vitaminas esenciales, además de cumplir con los estándares microbiológicos establecidos por la norma NTE-INEN.

2.2. CUSHURO (*Nostoc sphaericum*)

2.2.1. Aspectos generales del cushuro.

El cushuro (*Nostoc sphaericum*), denominado regionalmente como murmunta, llullucha, crespito o llayta, correspondiente a una cianobacteria de habitad acuático que crece de forma

natural en agua como lagos, lagunas y ríos. *Nostoc* se caracteriza por formar colonias de cianobacterias con colores variables desde el verde azuladas, marrones y verde oliva. Estas colonias suelen presentar una morfología esférica y están conformadas por células vegetativas con estructura variadas como esféricas, cilíndricas, lobulares o regulares, las cuales están recubiertas por filamentos simples (Corpus *et al.*, 2021).

El *Nostoc sphaericum* es una cianobacteria que se desarrolla en los ecosistemas altoandinos de países como Perú, Bolivia y Ecuador. Esta especie suele desarrollarse en condiciones climáticas rigurosas, con temperaturas bajo cero y habita en diversos ambientes acuáticos, como superficies rocosas y suelos húmedos, donde es común ver colonias con una textura gelatinosa. Su crecimiento se da principalmente durante la temporada de lluvias, que flotan en los bordes de los lagos, lagunas y otros ambientes húmedos de la región altoandina, presentes en diversas zonas del Perú. Esta especie es considerada una fuente renovable de la naturaleza, capaz de adaptarse y prosperar en distintos hábitats acuáticos. En el Perú, su distribución abarca regiones como Cajamarca, Áncash, Junín, Cusco, Huánuco y Puno. Además, el cushuro destaca nutricionalmente por su significativo aporte de proteínas y hierro biodisponible, características que lo configuran como un recurso alimentario promisorio, lo que lo posiciona como alternativa para complementar dietas en poblaciones con requerimientos nutricionales específicas (Corpus *et al.*, 2021).

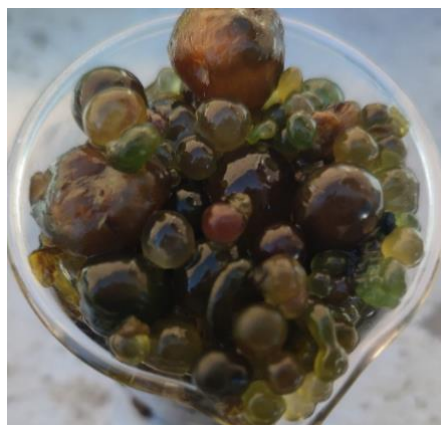


Figura 1: Cushuro (*Nostoc sphaericum*)

Según Ponce (2014), *Nostoc* forma colonias de color verde debido a su contenido de clorofila, mientras que sus tonalidades azuladas se deben a la disponibilidad de ficocianina, un pigmento asociado con el proceso de fotosíntesis. La precipitación durante el período de incubación permite la hidratación de las algas (algas verdeazuladas), las cuales forman esferas de color verdeazuladas con un diámetro de 10 a 25 mm. Estas algas suelen desarrollarse en zonas montañosas a altitudes cercanas a los 3000 m.s.n.m, y se han

encontrado incluso a 5000 m.s.n.m, en ambientes con bajos niveles de oxígeno. Estas cianobacterias demuestran una notable capacidad para resistir la radiación en un estado de inactividad prolongado y reactivarse cuando las precipitaciones les proveen la humedad requerida.

El *Nostoc sphaericum* se destaca como un recurso alimentario nutricionalmente, ya que sus diversas variedades de cushuro, presentan una significativa proporción de proteínas y su perfil de aminoácidos esenciales. Además, a diferencia de las algas eucariotas, esta cianobacteria carece de celulosa en su pared celular, lo que mejora su digestibilidad y favorece una mayor biodisponibilidad de nutrientes. Estas características lo convierten en un alimento funcional con ventajas comparativas frente a otras proteicas de origen vegetal (Capcha *et al.*, 2020).

2.2.2. Clasificación taxonómica del cushuro.

Según Moreyra (2023), el cushuro se clasifica en el siguiente orden taxonómico.

Nombre científico: Nostoc

Dominio: Bacteria

Filo: Cyanobacteria

Clase: Cyanophyceae

Subclase: Nostocophycidae

Orden: Nostocales

Familia: Nostocaceae

Especie: Nostoc sphaericuménero

FUENTE: Moreyra (2023).

2.2.3. Composición química del cushuro.

El análisis químico proximal del cushuro, tanto en su estado deshidratado como hidratado, muestran variaciones significativas en su valor nutricional, las cuales están influenciadas por la concentración de humedad. De esta manera, el perfil nutricional del cushuro varía significativamente entre su estado fresco y su forma deshidratada. Como resultado, el cushuro en su estado fresco presenta un contenido proteico que varía entre el 35 % y el 42 %, además de aportar lípidos y minerales esenciales como calcio, hierro, fósforo, sodio y potasio. Asimismo, destaca por su perfil nutricional completo, ya que aporta todos los aminoácidos esenciales y constituye una fuente importante de vitaminas del complejo B, como B1, B2, B5 y B8 (Corpus *et al.*, 2021).

Tabla 1: Composición proximal del cushuro fresco en muestra seca.

Componentes	Muestra seca (%)	Muestra fresca (%)
Agua	0	97
Grasas	0.3	0.009
Proteínas	20	0.6
Fibra	0.9	0.027
Cenizas	4.6	0.138
Carbohidratos	74.2	2.23

Nota: Las muestras deshidratadas muestran una mayor proporción en su composición proximal. Tomado de MINSA (2018).

2.2.4. Composición nutricional del cushuro.

El Nostoc sphaericum se destaca por su alto valor nutricional, ya que muchas de sus variedades presentan un alto contenido proteico y suministran una amplia variedad de aminoácidos esenciales. Además de sus propiedades nutricionales, se caracteriza por ser de fácil digestión, debido a la ausencia de celulosa en su pared celular, a diferencia de algunas algas eucariotas, lo que permite una absorción más eficiente de sus nutrientes por parte del organismo (Capcha *et al.*, 2020). Según investigaciones del Ministerio de Salud, el cushuro deshidratado es una microalga andina reconocida por su riqueza en proteínas, calcio y hierro.

Tabla 2: Composición nutricional del cushuro deshidratado.

Composición nutricional	Cushuro deshidratado
Energía	242 kcal
Agua	15.1 g
Proteínas	29 g
Grasa total	0.5 g
Carbohidratos	46.9 g
Cenizas	8.5 g
Calcio	147 mg
Fosforo	64 mg
Hierro	83.6 mg
Tiamina	0.2 mg
Riboflavina	0.41 mg

FUENTE: MINSA (2017).

Tabla 3: Valor nutricional de Alimentos andinos.

Alimentos	Proteína (g)	Hierro (g)	Calcio (g)	CHO (g)	Grasas (g)	Energía (g)
Kiwicha	12.8	7.32	236.0	69.1	6.6	343
Avena	13.3	4.1	49.0	72.2	4.0	326
Quinoa	13.6	7.5	56.0	66.6	5.8	343
Frejol	22.5	7.5	97.0	58.3	1.8	330
Lentejas	22.6	7.6	73.0	61.0	1.0	339
Cushuro	29.0	83.6	147	46.9	1.5	242

Nota: Presenta el valor nutricional de diversos alimentos andinos, destacando al cushuro por su mayor contenido de proteína y hierro en contraste con otros alimentos andinos del Perú.

FUENTE: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2017).

2.2.5. Principales componentes del cushuro (*Nostoc sphaericum*).

a) Carbohidratos.

Algunas cianobacterias, especialmente las del orden Nostocales como *Nostoc sphaericum*, producen recubrimientos mucilaginosos ricos en carbohidratos. Estos recubrimientos están compuestos principalmente por azúcares como hexosas, entre las que destacan son la glucosa y la galactosa. Estos azúcares forman una capa protectora que cumple una función crucial, actuando como barrera frente a factores externos. Su presencia varía según la especie y el entorno del cultivo (Leiva y Sulluchuco, 2018).

b) Grasas.

Leiva y Sulluchuco (2018), el cushuro se distingue por su composición en ácidos grasos poliinsaturados, destacándose algunas especies por su alto contenido de ácido linoleico. Asimismo, esta microalga contiene ácidos grasos monoinsaturados y saturados, entre ellos el ácido mirístico, palmítico, esteárico, palmitoleico, oleico y linoleico.

c) Proteínas.

El contenido proteico es de aproximadamente un 30%, destacando que el 44% de estos aminoácidos esenciales son muy importantes para el ser humano (Chili y Terrazas, 2010).

Tabla 4: Contenido de aminoácidos esenciales del cushuro deshidratado.

Aminoácidos esenciales	Contenido del cushuro (mg/g proteína)	Recomendación (mg/g proteína)
Histidina	1,3	15
Isoleucina	19,2	30
Leucina	26,4	59
Lisina	26,5	45
Metionina + Cisteína	27,4	22
Fenilalanina + Tirosina	11,4	38
Triptófano	ND	6
Treonina	0,07	23
Valina	35,1	39
Total, de aminoácidos	147	277

Nota: El valor ha sido estimado considerando que el cushuro en estado deshidratado corresponde al 30% de proteínas. ND: No disponible.

FUENTE: Galetovic *et al.*, (2017); WHO/FAO/UNU (2007).

2.3. STEVIA (*Stevia rebaudiana* Bertoni).

2.3.1. Aspectos generales de la stevia.

De acuerdo con Chonata Orozco *et al.*, (2020), *Stevia rebaudiana* Bertoni es una planta que forma parte del género stevia dentro de la familia Asteraceae. Esta especie es un arbusto perenne que puede crecer entre 40 a 80 cm en su hábitat natural, alcanzando hasta 1,5 m cuando se cultiva. En la actualidad se conocen 150 especies de este género, siendo la stevia el edulcorante natural más potente y ampliamente utilizado.

La stevia se presenta como una alternativa natural a la sacarosa, ofreciendo un sabor dulce intenso que combina bien con diversos alimentos. Debido a su bajo contenido calórico, el *Nostoc sphaericum* contribuye a reducir los niveles de azúcar en la sangre, lo que ofrece protección contra enfermedades como la diabetes y la obesidad. Esto lo convierte en un alimento funcional ideal para dietas destinadas al control glucémico y al manejo del peso corporal. Su dulzura proviene de la presencia de glucósidos, especialmente el esteviósido, compuesto por glucosa y rebaudiosida. En su estado natural, la stevia es alrededor de 15 veces más dulce que la sacarosa (Evangelista y Rivas, 2015).

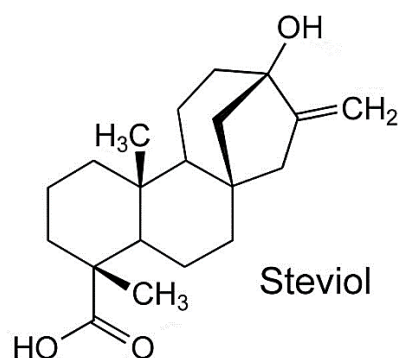


Figura 2: Estructura química de esteviósido.

FUENTE: Añazco y Suárez (2015).

2.3.2. Clasificación taxonómica

Según Galarza (2011), la stevia se clasifica en el siguiente orden taxonómico.

Nombre común: Hierba dulce

División: Magnolophyta (fanerógama angiosperma)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Asteridae

Orden: Campanulares (asteraes)

Familia: Compuestas (Asteráceas de Monochlamydeae, comositaseas)

Especie: Rebaudiana Bertoni

Nombre científico: *Stevia Rabaudianum* Bertoni

FUENTE: Galarza (2011).

2.3.3. Composición nutricional de hoja de stevia

Tabla 5: Composición nutricional de la hoja de stevia seca.

Composición nutricional	Hoja de stevia seca
Humedad	8.46 %
Proteína	18.20 %
Grasa	4.77 %
Fibra	10.77 %
Cenizas	7.83 %
Carbohidratos	49.97 %
Energía estimada	275 kcal/100g

FUENTE: Chonata *et al.* (2020).

Tabla 6: Relación de equivalencia entre stevia y azúcar.

Stevia	Azúcar
5g	187,5 g

FUENTE: Girón (2016).

2.3.4. Propiedades edulcorantes.

Según Jara (2019), los glucósidos que aportan el sabor dulce a la stevia son el esteviósido y el rebaudiósido. Al ser aislados, estos compuestos pueden alcanzar una dulzura hasta 300 veces mayor que la sacarosa, lo que permite su uso en pequeñas cantidades para obtener un efecto edulcorante significativo. Las hojas de stevia al ser molidas, son de 20 a 35 veces más dulces que la sacarosa, mientras que el líquido claro obtenido al disolver la planta puede ser 40 veces más dulce que el azúcar. Después de la cocción, el concentrado verde oscuro puede alcanzar una dulzura 70 veces mayor que la del azúcar. Este edulcorante natural no presenta calorías y puede ayudar en la absorción de grasa.

2.3.5. Aplicaciones de la stevia en la industria alimentaria.

Actualmente, la stevia se ha consolidado como un ingrediente de uso frecuente en la industria alimentaria gracias a su poder edulcorante natural y su bajo contenido calórico. Este edulcorante se incorpora en una amplia gama de productos, tales como edulcorantes de mesa, mermeladas, bebidas, productos lácteos, cereales, galletas, productos de panadería, confituras y chicles, ofreciendo una alternativa saludable al azúcar convencional. La stevia ha adquirido un papel importante en la vida diaria, ya que puede resistir altas temperaturas sin perder su capacidad endulzante, lo que la hace ideal para alimentos calientes o productos horneados (Jara, 2019).

2.4. HARINA DE TRIGO.

Meza (2022), la harina de trigo se obtiene a partir de la molienda de granos de trigo, incluyendo variedades ramificadas, que son obtenidos a partir de la trituration y la molienda para ser finalmente refinados. El incremento de gluten facilita la formación de masas con buena cohesión, elasticidad y capacidad para retener gases.



Figura 3: Harina de trigo.

FUENTE: Cueva y Sedano (2021).

Capurro y Huerta (2016), las harinas utilizadas en la formulación de galletas suelen caracterizarse por su baja fuerza panadera, un reducido contenido de gluten y una elevada extensibilidad. En general, estas harinas contienen entre un 8 a 9% de proteínas, lo cual es adecuado para producir galletas quebradizas y semidulces, mientras para la elaboración de galletas de textura esponjosas, bizcochos o aquellas formuladas con levadura prensada, el nivel proteico requerido se sitúa entre el 9 y 10%.

2.4.1. Composición química de la harina de trigo.

La harina de trigo se distingue por su elevado contenido de carbohidratos complejos, así como por una composición nutricional que abarca cantidades relevantes de proteínas, lípidos, vitaminas del complejo B, entre las que se encuentran la tiamina, riboflavina y niacina, además de diversos minerales. En cuanto a su fracción proteica, destaca la presencia predominante del gluten como principal componente estructural.

Tabla 7: Composición química de la harina de trigo (por 100g de producto).

Componente	Mínimo
Humedad	12.00 %
Grasa	1.14 %
Proteína	12.90 %
Carbohidratos	72.13 %
Cenizas	0.66 %
Fibra	1.12 %

FUENTE: Carrasco y Sanchez (2019).

Tabla 8: Contenido de aminoácidos esenciales del trigo para 100 g de proteína.

Aminoácidos esenciales	Contenido de trigo (g/100 g proteína)
Histidina	2,3
Isoleucina	3,3
Leucina	6,7
Lisina	2,8
Metionina	1,5
Fenilalanina + Tirosina	4,5
Triptófano	1,5
Treonina	2,8
Valina	4,4
Cisteína	2,2

FUENTE: Campos et al. (2022).

2.4.2. Análisis fisicoquímicos de los alimentos.

Calixto y Lazo (2017), la evaluación de las propiedades fisicoquímicas en los alimentos resulta esencial para garantizar su calidad, seguridad y valor nutricional, ya que cumple un papel importante en determinar su valor nutricional de forma controlada y seguir los parámetros marcados por la organización la salud pública y las investigaciones de las posibles irregularidades como adulteración y falsificación, en un producto alimenticio preparado o en sus materias primas.

A. Contenido de proteína

Al analizar la proteína presente en una harina, es relevante considerar tanto su cantidad como su calidad, ya que estos factores influyen en su aplicación y funcionalidad. La proteína cruda se mide a través de métodos fisicoquímicos, comenzando por la determinación del nitrógeno total. Al multiplicar este valor por un factor específico para cada tipo de alimento, se obtiene el contenido proteico correspondiente (Carrasco, 1998).

B. Contenido de humedad

En cuanto al contenido de humedad, este es un aspecto crucial en los alimentos, aunque su medición precisa puede ser complicada. En los alimentos, el agua puede encontrarse en dos estados principales: como agua ligada, que está asociada a componentes estructurales y no

es fácilmente removible, y como agua libre, que se encuentra disponible y participa activamente en la mayoría de las reacciones microbiológicas y químicas.

C. Contenido de cenizas

El término residuo de combustión o ceniza se refiere a los restos que permanecen tras la combustión orgánica de los alimentos bajo condiciones específicas, después de haber eliminado impurezas y partículas de carbón que pueden resultar de una combustión incompleta. Este residuo es un indicador del contenido mineral presente en los alimentos. La medición de cenizas es relevante por varias razones:

- Proporciona el contenido de minerales presentes en el alimento.
- Facilita la evaluación de la calidad comercial y la clasificación del tipo de harina.
- Permite detectar adulteraciones en los alimentos, como la incorporación de sal, talco, yeso, cal o carbonatos alcalinos.
- Determina la pureza de los ingredientes vegetales, identificando posibles excesos de arena o arcilla.
- Se utiliza como criterio para la caracterización y valoración integral de la calidad de los alimentos.

2.5. PROTEINA

Las proteínas están presentes en todo el organismo, abarcando los huesos, músculos, piel y todos los tejidos del cuerpo humano. Además, las enzimas juegan un papel crucial en diversas reacciones químicas, mientras que la hemoglobina se encarga de transportar el oxígeno en la sangre.

Tabla 9: *Cantidades diarias recomendadas de ingesta de proteína.*

	Edad	Peso (kg)	Ración dietética (g/kg)	Ración dietética (g/día)
Niños	1-3	13	1.2	16
	4-6	20	1.1	24
	7-10	28	1.0	28

FUENTE: Quintana (2018).

2.6. HIERRO

De acuerdo con (NIH, 2022), El hierro es un mineral fundamental para el desarrollo y adecuado funcionamiento del organismo humano, ya que participa en numerosos procesos metabólicos, particularmente en estructuras enzimáticas y otros complejos moleculares. Además, desempeña un rol clave en la síntesis de hemoglobina, proteína presente en los glóbulos rojos, cuya función principal es transportar oxígeno desde los pulmones hacia los diferentes tejidos y órganos del cuerpo.

Tabla 10: Recomendaciones diarias de ingesta de hierro.

Etapa de la vida	Cantidad recomendada (mg/día)
Bebes hasta los 6 meses	0,27
Bebes de 7 a 12 meses	11
Niños de 1 a 3 años	7
Niños de 4 a 8 años	10
Niños de 9 a 13 años	8
Adolescentes (varones) de 14 a 18 años	11
Adolescentes (niñas) de 14 a 18 años	15
Hombres adultos de 19 a 50 años	8
Mujeres adultas de 19 a 50 años	18
Adultos de 51 o más años	8
Adolescentes embarazadas	27
Mujeres embarazadas	27
Adolescentes en periodo de lactancia	10
Mujeres en periodo de lactancia	9

FUENTE: NIH (2022).

2.7. GALLETAS

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana 206.001-02 (2016), las galletas son productos horneados que pueden elaborarse a partir de masas con consistencia sólida o semisólida. Su formulación puede incluir harina de trigo u otros ingredientes equivalentes, con la posible inclusión de agentes leudantes, acompañados de diversos componentes alimentarios adecuados para el consumo humano (Instituto Nacional de Calidad, 2016). Estas galletas presentan una textura crujiente y se elaboran a partir de una masa cocida con o sin leudantes, además de otros componentes, huevo, mantequilla, azúcar, leche, manteca, saborizantes,

colorantes, conservantes entre otros, siempre que estén debidamente autorizados por (INDECOPI, Galletas - Requisitos. Norma Nacional 206 - 001, 1992).

Escobar (2012), las galletas se elaboran mediante un proceso de cocción adecuado de mezclas formuladas a base de trigo u otros ingredientes pulverizados, combinados con componentes adicionales seguros para el consumo humano. También se pueden definir como productos alimenticios obtenidos a partir de la mezcla de harina, grasas, agua y otros elementos opcionales como azúcar, especias y condimentos.

2.7.1. Clasificación de las galletas.

Según lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 206.001 (INDECOPI,2016), las galletas se clasifican considerando los siguientes criterios:

- **Según su sabor:** Se presentan en versiones dulces, saladas o con sabores especiales.
- **Según su presentación:**
 - **Simple:** No contienen ningún tipo de adición después de la cocción.
 - **Rellenas:** Formadas por dos galletas con un relleno en el centro.
 - **Revestidas:** Cuentan con un recubrimiento externo, en versión simple o rellena.
- **Según su forma de comercialización:**
 - **Envasadas:** Se distribuyen en empaques sellados con porciones pequeñas.
 - **A granel:** Se venden en recipientes de cartón, hojalata o Tecnopor.

2.7.2. Requisitos de los parámetros fisicoquímicos de las galletas.

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 206.011:1981 (2016), los productos derivados de panadería, galletería y pastelería deben cumplir con los parámetros fisicoquímicos establecidos, los cuales garantizan su calidad e inocuidad durante la producción, elaboración y comercialización.

Tabla 11: Límites máximos permisibles de los parámetros fisicoquímicos para las galletas.

Parámetros	Límites máximos permisibles
Humedad	12 %
Cenizas	3 %
Índice de peróxido	5 %
Acidez (expresada en ácido láctico)	0.10 %

Nota: Norma Técnica Peruana (NTP) 206.011:1981 (2016). INDECOPI (2006).

2.7.3. Características y factores determinantes de la calidad de las galletas.

Según Capurro y Huerta (2016), las galletas pueden presentar una amplia diversidad en cuanto a tamaño, forma, sabor y textura, pudiendo ser tanto duras como blandas. Algunas galletas conservan su forma durante el horneado, mientras que otras tienden a expandirse. Para lograr las características deseadas y minimizar posibles defectos en el producto final, es indispensable comprender los factores que inciden directamente en estos atributos:

- a) **Dureza:** Capurro y Huerta (2016), Las galletas que presentan un bajo contenido de humedad suelen caracterizarse por una textura crujiente o tostada. Esta propiedad se ve influenciada por diversos elementos:
- La utilización de una mezcla con menor contenido de líquido, lo que da lugar a una masa más compacta, característica común en la elaboración de galletas.
 - La adición de altas cantidades de azúcar, que facilita la cohesión de los ingredientes y contribuye a reducir el contenido hídrico.
 - Un horneado prolongado o adecuado que permite la evaporación de gran parte del agua presente.
 - Un tamaño reducido o una forma delgada de las galletas, lo cual facilita un secado más eficiente durante la cocción.
 - Es importante destacar que las galletas crocantes tienden a perder su textura al absorber humedad del ambiente, volviéndose más blandas con el tiempo.
- b) **Suavidad:** Capurro y Huerta (2016), se señala que la suavidad representa la condición contraria a la dureza en las galletas, ya que ambas texturas responden a causas distintas. Las galletas de textura blanda son susceptibles a volverse rancias o a perder humedad si no se almacenan de manera adecuada. Existen varios factores que determinan el nivel de suavidad, entre los cuales se destacan:
- Un almacenamiento apropiado que preserve sus características.
 - Un tiempo de cocción reducido.
 - La incorporación de una mayor cantidad de líquido en la formulación.
 - Un contenido bajo de azúcar y grasa.
 - Un tamaño grande y una forma más gruesa que favorecen la retención de humedad interna.

2.7.4. Función de los ingredientes en la elaboración de galletas.

- a) **Harina.** En la producción de galletas se emplean harinas de baja fuerza panadera, derivadas del trigo y con un contenido proteico inferior al 10 %. Dentro de su fracción

proteica, las gliadinas aproximadamente un tercio del gluten aportan a la cohesión y elasticidad de la masa, facilitando una textura suave y moldeable. En contraste, las gluteninas, que representan los dos tercios restantes, aportan extensibilidad, reforzando la firmeza y estructura de la masa (Oyola y Padilla, 2020).

- b) Stevia.** La stevia es un edulcorante natural propuesto como alternativa a la sacarosa. Su alto poder endulzante la convierte en un aditivo eficaz para diversas formulaciones alimentarias. Al ser libre de calorías, contribuye a mantenimiento de niveles estables de glucosa en sangre, siendo útil en la prevención de enfermedades patológicas como la diabetes y la obesidad.
- c) Mantequilla.** En la elaboración de galletas, la mantequilla cumple funciones clave como evitar la compactación de la masa y aportar un sabor distintivo. Derivada a partir del batido de la nata de leche de vaca y es reconocida por su alto valor nutritivo. Es un componente habitual en productos de repostería (Montes, 2014).
- d) Huevo.** Este insumo alimenticio es fuente de proteínas y compuestos funcionales, ampliamente utilizado en productos de panificación como galletas y pasteles. Puede incorporarse en distintas formas según la formulación y aporta propiedades estructurales, emulsificantes y sensoriales.
- e) Polvo de hornear.** Este ingrediente, ampliamente utilizado en panadería, está compuesto por bicarbonato de sodio, un ácido y un agente anti aglomerante del almidón. Su función es generar dióxido de carbono al contacto con humedad y calor, lo cual favorece el incremento de volumen y textura esponjosa en el producto final.

2.8. ANALISIS SENSORIAL

Hidalgo y Pérez (2018), la evaluación sensorial constituye un recurso clave en las etapas de investigación y desarrollo de los productos alimenticios, ya que proporciona información detallada y confiable sobre el grado de aceptación del producto por parte del consumidor. Esta evaluación se basa en un enfoque científico y objetivo de los gustos y preferencias del público, empleando diversas metodologías para analizar las características organolépticas del alimento. En este proceso, los consumidores participan activamente como jueces sensoriales.

2.8.1 Pruebas afectivas.

Según Espinosa (2007), este tipo de análisis sensorial se aplica con personas no entrenadas ni seleccionadas previamente, conocidas como jueces afectivos. Generalmente, para llevar a

cabo estas pruebas se seleccionan consumidores reales o potenciales, teniendo en cuenta factores como sus características demográficas, condiciones económicas y otros aspectos pertinentes al perfil del público objetivo.

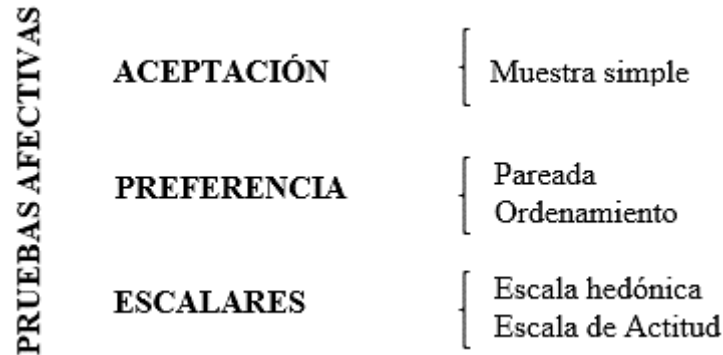


Figura 4: Clasificación de pruebas sensoriales.

FUENTE: Espinosa (2007).

2.8.2. Clasificación de las pruebas de evaluación sensorial.

La evaluación sensorial se divide en tres categorías principales de pruebas:

- a. **Prueba de aceptabilidad:** Tienen como finalidad medir el grado de agrado o aceptación que los consumidores manifiestan hacia un alimento, evaluando su disposición a adquirirlo y su percepción general del sabor. En este contexto, la aceptabilidad se considera un indicador del potencial de compra y consumo del producto.
- b. **Prueba de preferencia:** Permiten a los consumidores identificar qué muestra prefieren entre varias opciones, o declarar si no tienen una inclinación marcada. Entre las más empleadas se encuentran la prueba de preferencia pareada por su simplicidad y otras como las pruebas de ordenamiento o de categorías, utilizadas para establecer jerarquías entre diferentes productos.
- c. **Pruebas escalares:** Estas evaluaciones de tipo afectivo tienen como propósito identificar el grado de aceptación o rechazo que un producto genera en los consumidores. Estas pruebas son muy útiles en la práctica, ya que emplean calificaciones categóricas que pueden variar en número, generalmente desde "Me gusta mucho" hasta "No me gusta" o "No me puede gustar mucho". Los resultados obtenidos de estas pruebas son fundamentales para tomar decisiones importantes relacionadas con la comercialización del producto, así como para considerar posibles modificaciones en su formulación, entre otros aspectos.

- Escala hedónica verbal

Carrasco y Sanchez (2019), mencionan que estas pruebas se aplican a escalas categóricas, las cuales pueden tener diversas cantidades de categorías, que generalmente oscilan entre "me gusta muchísimo" y "me disgusta muchísimo", con una opción intermedia como "no me gusta ni me disgusta". Las denominadas pruebas hedónicas permiten medir la percepción de agrado o desagrado que un producto genera en los consumidores. Estas escalas, que suelen estar compuestas por cinco a once puntos, abarcan desde niveles de aceptación hasta niveles de rechazo, incluyendo una posición central que facilita al evaluador expresar una postura neutral ante la muestra.



Figura 5: Escala hedónica de cinco puntos.

FUENTE: Espinosa (2007).

2.9. VIDA ÚTIL

La vida útil de un alimento se refiere al intervalo de tiempo en el que el producto mantiene condiciones adecuadas para su consumo, tanto en términos de inocuidad higiénico-sanitario como en relación con sus características sensoriales, fisicoquímicas, nutricionales y funcionales, sin que estas caigan por debajo de los parámetros de calidad aceptados.

Este período garantiza la preservación de sus propiedades organolépticas y su inocuidad, siempre que se mantengan las condiciones óptimas de almacenamiento. La estabilidad del producto dependen de diversos factores, entre ellos la composición de la fórmula, el método de procesamiento, el tipo de envase, así como la humedad y temperatura resultan determinantes para maximizar su conservación y permitir una estimación confiable de su duración (Coronel, 2016).

Los factores fundamentales que influyen en la vida útil de un alimento incluyen:

- Las propiedades intrínsecas del producto, incluyendo sus características fisicoquímicas.

- El material del empaque empleado. Junto con las condiciones de almacenamiento, influye de manera directa en la estabilidad del producto.

2.9.1. Pruebas aceleradas de Vida útil.

Este tipo de evaluación se realiza sometiendo los alimentos a entornos de almacenamiento controladas que intensifican los procesos de degradación. Se simulan variaciones en temperatura, niveles de humedad y presiones parciales de oxígeno, con el fin de analizar su efecto sobre la estabilidad del producto. Se realiza un seguimiento del comportamiento de los alimentos a la temperatura elegida. Los parámetros evaluados incluyen pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, según corresponda a cada situación. A través de modelos matemáticos que describen el impacto de las condiciones seleccionadas, se puede estimar la durabilidad de los alimentos en condiciones de almacenamiento normales.

a. Velocidad de reacción

En términos generales, los alimentos pueden analizarse como sistemas discontinuos, debido a la complejidad de su estructura y composición. En este contexto, la velocidad de reacción entendida como la rapidez con la que una sustancia es generada o consumida debe ser determinada y ajustada en función de las particularidades de cada sistema. Esta velocidad proporciona una indicación de la reactividad y estabilidad del sistema. Aunque existen algunas excepciones, en general, un aumento en la temperatura incrementa significativamente dicha velocidad (Cruz y Mendoza, 2015).

b. Determinación del orden de reacción.

- El orden de reacción es un aspecto clave en la cinética de alimentos, ya que permite describir cuantitativamente su comportamiento ante diferentes condiciones. El método de rapidez integrada facilita el cálculo de estos modelos al utilizar ecuaciones específicas que varían según el tipo de reacción y su orden respectivo.

$$r = \pm \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \pm \frac{d[A]}{dt} = k[A] \quad (1)$$

- Orden cero, (mediante la separación de variables y la integración)

$$\frac{d[A]}{dt} = -K[A]^0 = -K$$

$$d[A] = -K dt$$

$$\int_{[A]_0}^{[A]} d[A] = -K \int_0^t dt$$

$$[A] - [A]_0 = -kt$$

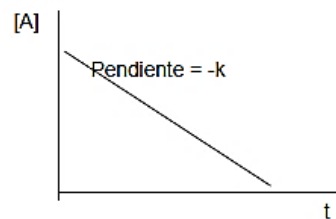
$$[A] = -kt + [A]_0 \quad (2)$$

- Primer orden, n=1 (el análisis se lleva a cabo aplicando el método de separación de variables y efectuando la correspondiente integración)

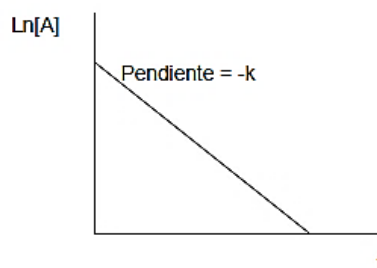
$$\frac{d[A]}{dt} = -k[A]^1 \Rightarrow \ln[A] = -kt + \ln[A_0] \quad (3)$$

A continuación, se presentan ejemplos de gráficos lineales.

Orden Cero



Orden Uno



c. Procedimiento de Arrhenius

Labuza (2003), las reacciones químicas que ocurren en los alimentos han sido utilizadas como indicadores clave para analizar la velocidad a la que se desarrollan dichos procesos. En este sentido, la ecuación de Arrhenius constituye una herramienta clave para analizar la influencia de la temperatura sobre la velocidad de estas reacciones, siendo particularmente valiosa en estudios enfocados en la estimación de la vida útil de los productos alimentarios.

La integración de esta ecuación con las fórmulas cinéticas correspondientes a distintos órdenes de reacción, es posible construir modelos matemáticos que describen la degradación de los alimentos durante su almacenamiento, considerando el impacto de la temperatura en los diversos mecanismos de deterioro. Estos modelos también permiten calcular, a partir de datos experimentales, de la energía de activación correspondientes a reacciones específicas de degradación.

Cuando se resuelve la ecuación correspondiente a una cinética de orden cero, se obtiene una expresión matemática en la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{C_0 - C_f}{k}$$

Donde:

- θ : Durabilidad o vida útil del alimento.
- C_0 : Valor inicial del índice de calidad (porcentaje de humedad).
- C_f : Valor crítico o límite del índice de calidad (% de humedad).
- k : constante de velocidad de reacción asociada al deterioro.

La ecuación de Arrhenius permite describir la relación entre la constante de velocidad (k) y la temperatura, considerando los siguientes parámetros:

$$k = k_0 e^{\frac{E_a}{RT}}$$

Donde:

- k : Constante de velocidad de la reacción de degradación.
- k_0 : Factor pre exponencial (constante específica de la reacción).
- E_a : Energía de activación, en julios por mol (J/mol).
- R : Constante universal de los gases ideales (8,3143 J/K mol).
- T : Temperatura absoluta, en kelvin ($K = ^\circ C + 273$).

Para asegurar una representación gráfica precisa de los modelos cinéticos, es recomendable determinar las constantes de velocidad a partir de mediciones realizadas a tres o más temperaturas. Sin embargo, desde un enfoque estadístico, se sugiere trabajar idealmente con seis temperaturas distintas para obtener resultados más sólidos. Aun así, las limitaciones relacionadas con los costos del análisis y la disponibilidad de equipos que mantengan múltiples temperaturas constantes suelen hacer más viable la utilización de un número

reducido de temperaturas en la práctica. En este sentido, (Kamman y Labuza, 1985) sugirieron varios métodos estadísticos que permiten obtener resultados precisos utilizando menos de seis temperaturas; uno de estos métodos considera cada punto de datos como una estimación independiente de K.

2.10. METODOLOGIA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (MSR).

La Metodología de Superficie de Respuesta es un enfoque que integra diversas técnicas estadísticas y matemáticas, cuyo propósito es facilitar la modelación y el análisis de situaciones en las que las respuestas de interés pueden representarse gráficamente como una superficie continua. Este enfoque resulta especialmente útil cuando se pretende determinar cómo diversos factores numéricos influyen sobre el comportamiento promedio de una variable dependiente. El fin último de la MSR es identificar los valores óptimos de las variables independientes que permiten maximizar o minimizar dicha respuesta (Mera, 2018).

Esta metodología se aplica ampliamente en la optimización de procesos industriales y en el desarrollo de nuevos productos, ya que facilita la estructuración de diseños experimentales eficientes y la evaluación simultánea de múltiples variables. A través del control sistemático de los factores implicados y el uso de diseños experimentales apropiados, es posible generar datos cuantificables sobre la respuesta del sistema, por ejemplo, la aceptación del producto que luego se ajustan a un modelo matemático. Este modelo genera una ecuación multivariable que resume el comportamiento del sistema y permite predecir su desempeño bajo distintas condiciones (Cabrera, 2014).

2.10.1. ETAPAS DE LA OPTIMIZACIÓN

Fase I: Screening o eliminación de variables poco relevantes.

La fase del proceso de optimización busca identificar y eliminar aquellas variables que presentan baja influencia sobre la respuesta, reduciendo así el número de factores a considerar. Este procedimiento es fundamental, ya que permite disminuir la cantidad de ensayos experimentales requeridos en las siguientes fases del estudio, lo que contribuye a optimizar los recursos y reducir los costos asociados (Ayala y Pardo, 1995).

Según Ayala y Pardo (1995), en las primeras etapas de una investigación el conocimiento del sistema suele ser limitado, lo que puede conducir a la inclusión de un gran número de variables controlables. Por tal motivo, resulta esencial reconocer cuáles son verdaderamente influyentes y descartar aquellas de escasa relevancia.

Para desarrollar esta etapa de selección, es frecuente la utilización de diseños experimentales de primer orden, tales como el diseño factorial completo, el factorial fraccionado y los diseños propuestos por Plackett y Burman (Ayala y Pardo, 1995).

Fase II: Escalamiento

Cuando la zona que concentra las condiciones óptimas se encuentra alejada de los puntos evaluados en la fase inicial (Etapa I: Screening), necesario avanzar a una segunda etapa denominada Escalamiento. Esta etapa implica una aproximación progresiva hacia la zona óptima mediante la aplicación de distintos métodos de exploración, tales como búsquedas directas (simple y múltiple) y estrategias indirectas, como el método de pendientes ascendentes o descendentes (Ayala y Pardo, 1995).

Fase III: Optimización final

De acuerdo Ayala y Pardo (1995), en las cercanías del punto óptimo adquieren mayor relevancia los efectos de segundo orden en comparación con los de primer orden. Esta característica justifica el uso de modelos matemáticos de segundo orden para describir con mayor exactitud el comportamiento de la variable de respuesta en esa zona.

$$\hat{Y} = b_0 + \sum b_j x_j + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{jj} x_j^2 \quad u \neq j \quad \text{Ecuación (1)}$$

Una vez validado el modelo, se inicia la etapa de optimización, cuyo objetivo es determinar los niveles óptimos de las variables independientes (X_j) que permiten maximizar o minimizar la función objetivo planteada. Para este tipo de análisis, los diseños experimentales de segundo orden más recomendables son los diseños rotatables y compuestos, particularmente útiles cuando la superficie de respuesta presenta curvatura.

Diseños factoriales 3k

Los diseños factoriales 3k se caracterizan por evaluar cada uno de los k factores se evalúa en tres niveles (-1, 0, 1), lo que genera un total de $N = 3k$ combinaciones experimentales. No obstante, cuando el número de factores es elevado, la cantidad total de ensayos puede resultar excesiva, por lo que en estas circunstancias es más eficiente recurrir a diseños fraccionados 3k-m, en lugar de utilizar un diseño factorial completo 3k. Similar a lo que ocurre en los diseños 2k, cuando k es elevado, se puede trabajar únicamente con una fracción representativa del total (Lopez, 2015).

Diseño central compuesto (DCC)

El Diseño Central Compuesto es una extensión del diseño factorial 2^k , caracterizada por la incorporación de puntos axiales. Estos puntos se ubican a una distancia de $\pm\alpha$ a lo largo de los ejes de coordenadas, tomando como referencia el punto central del experimento. Este enfoque permite que cada uno de los factores sea evaluado en cinco niveles distintos, lo que proporciona una base adecuada para ajustar y predecir de manera precisa modelos matemáticos de segundo orden. Además, la cantidad total de ensayos necesarios, resultados de la suma de los puntos factoriales, los axiales y las repeticiones en el centro ($N = 2^k + 2k + nc$), hace que este diseño sea una opción económica en términos de recursos utilizados (Lopez, 2015).

Diseño 2^2		Axial		Central	
x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
-1	-1	$-\alpha$	0	0	0
+1	-1	$+\alpha$	0	m repeticiones	
-1	+1	0	$-\alpha$		
+1	+1	0	$+\alpha$		

Figura 6: Coordenadas del diseño central compuesto.

FUENTE: Lopez (2015).

Diseños Box-Behnken

Estos diseños, ya sean rotativos o casi rotativos, se caracterizan por requerir un número reducido de unidades experimentales en comparación con los diseños factoriales 3^k . Su estructura se basa en la integración de esquemas 2^k con bloques incompletos, lo que optimiza la eficiencia del experimento. A diferencia de los diseños de cubo centrado en la cara, cuya disposición adopta una forma cuboide, en este caso los puntos experimentales se sitúan en los extremos de un cubo, dando lugar a una configuración de estructura circular. No se aconseja utilizar el diseño Box-Behnken, si se requiere estimar la respuesta en las esquinas de la región cubica (Khuel, 2001).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Hipótesis generales

- La incorporación de harina del cushuro edulcorada con stevia incrementa el contenido de proteína y hierro en las galletas, mejorando sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y su vida útil.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Los niveles óptimos de la adición de harina de cushuro y harina de trigo en galletas edulcoradas con Stevia, dependen considerablemente sobre el contenido de proteína y hierro.
- El grado de satisfacción, dependen del porcentaje de proteína y hierro en las galletas formuladas con harina de cushuro edulcorada con Stevia.
- La vida útil de las galletas elaboradas con harina de cushuro edulcorada con Stevia con mayor grado de satisfacción, será adecuada para su evaluación.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1. Lugar de ejecución

Este estudio se realizó en la Universidad Nacional de Juliaca, la etapa experimental correspondiente a la formulación y producción de las galletas, se realizó en el taller de Panificación y en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, ubicado en el Centro Poblado de Ayabacas – Juliaca. Además, se realizaron los procedimientos de las propiedades fisicoquímicas en las instalaciones de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la materia prima fueron efectuados en los laboratorios de BHIOS LABORATORIOS S.R.L. y la Universidad Nacional de Juliaca. La determinación del contenido de proteína y hierro fueron realizados en los laboratorios especializados de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.

3.2.2. Materia prima

Las materias primas utilizadas en la formulación de los tratamientos incluyen harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*), la cual fue adquirida en el Mercado Santa Barbara, proveniente del distrito de Acomayo. Asimismo, se utilizó Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en presentación polvo, de la marca “La Boliviana”, adquirida en el supermercado Plaza Vea. Las materias primas fueron conservadas en condiciones de temperatura ambiente hasta su uso.

3.2.3. Insumos

- Harina de trigo fortificado para repostería, marca Nicolini
- Harina de cushuro.
- Stevia en polvo, la Boliviana
- Huevo
- Mantequilla sin sal, Primavera
- Polvo de hornear, Universal
- Sal de mesa, Marina

3.2.4. Equipos e instrumentos

a. Equipos

- Manta calefactora, NAHITA 655
- Mezcladora – Amasadora, NOVA
- Horno rotativo, NOVA MOD. MAX 1000
- Estufa eléctrica, JPSELECTA
- Mufla eléctrica, P SELECTA
- Balanza analítica de una capacidad de 5kg, NOVAMAK
- Balanza electrónica analítica, JPSELECTA
- Termobalanza, AND MX-50, 0.01 % / Max 51 g
- Agitador magnético, VELP SCIENTIFICA
- Autoclave
- Cuenta colonias, KERILAB No. J-02

- Bandejas de acero inoxidable
- Coche porta bandejas

b. Instrumentos

- Erlenmeyer 100 cm³, 200 cm³
- Vaso precipitado 250 cm³
- Probeta 100 cm³ y 250 cm³
- Micro bureta 2 cm³
- Bureta 25 ml
- Fiola 50 ml
- Pipeta 10 ml
- Placa Petri
- Soporte universal
- Balanza analítica
- Tubos de ensayo
- Cápsulas
- Pinza
- Desecador
- Embudo
- Mortero
- Varilla
- Papel filtro μm

c. Reactivos

- Hidróxido de sodio NaOH a una concentración 0.1 N.
- Solución acética – cloroformo.
- Ácido acético glacial (CH₃COOH).
- Cloroformo (CHCl₃).
- Éter de petróleo con rango de destilación comprendido entre 35 - 60 °C.
- Solución saturada de ioduro de potasio.
- Solución de tiosulfato de sodio.
- Solución de engrudo de almidón al 1 %.
- Agua destilada previamente hervida.
- Medio de cultivo Agar glucosa al 4 %, formulado según SABORAUD.
- Suero fisiológico.
- Indicador fenolftaleína

3.3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

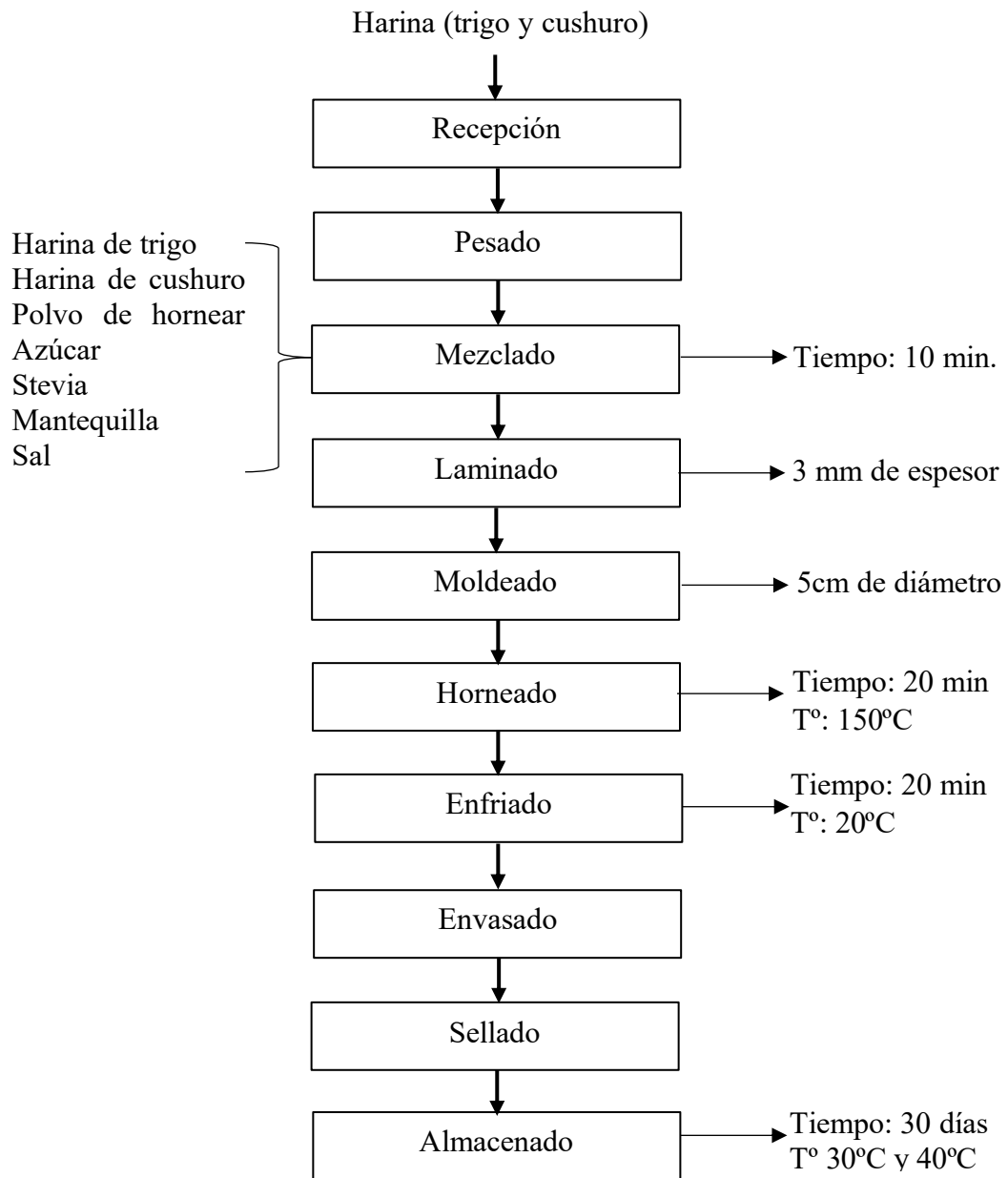


Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de galletas con sustitución de harina de cushuro.

FUENTE: Adaptado de (Carrasco y Sanchez, 2019).

3.3.1. Descripción del proceso de elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro.

- **Recepción:** En esta etapa se llevó a cabo la recepción y evaluación de las materias primas e insumos, verificando que cumplan con los estándares de calidad previamente establecidos antes de incorporar en el proceso de producción.
- **Pesado:** Las materias primas e insumos fueron pesados mediante una balanza analítica, conforme a los parámetros establecido.
- **Mezclado I:** El mezclado consiste en combinar los ingredientes con el objetivo de homogenizarlos y evitar la formación de gránulos, se batió la mezcla durante 10 minutos para conseguir una distribución uniforme.
- **Laminado:** Utilizando la masa final, se procedió al laminado con ayuda de un rodillo hasta obtener un espesor uniforme de 3 mm.
- **Moldeado:** Se utilizaron moldes metálicos circulares de 5 cm de diámetro para conformar las galletas, las cuales fueron dispuestas en bandejas previamente engrasadas.
- **Horneado:** Las unidades moldeadas fueron cocidas en un horno rotatorio precalentado, durante 20 minutos a una temperatura de 150 °C. Este proceso tuvo como objetivo reducir la humedad del producto y alcanzar las características sensoriales deseadas: textura, sabor, color, aroma y apariencia.
- **Enfriado:** Las galletas se dejaron enfriar a temperatura ambiente sobre las bandejas, facilitando así su manipulación y envasado posterior.
- **Envasado:** Una vez frías, se empacaron en bolsas de polietileno, las cuales proporcionan una barrera efectiva frente a la humedad y posibles contaminantes, preservando así la calidad del producto.
- **Almacenado:** Finalmente, los productos envasados se conservaron en un ambiente con condiciones controladas, hasta su evaluación fisicoquímica y microbiológica correspondiente.

Tabla 12: *Formulación empleada en la elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro.*

Ingredientes	Cantidad (%)
Harina de cushuro*	-
Harina de trigo	100
Huevo	20
Stevia	5
Azúcar	40
Sal	0.2
Mantequilla	40
Polvo de hornear	2

Nota: *El porcentaje de la harina de cushuro que varía de acuerdo a los tratamientos.

FUENTE: Adaptación de Llerena (2010).

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue estructurado utilizando la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), específicamente mediante un Diseño Centran Compuesto (DCC). Este modelo incluye 4 puntos factoriales, 4 puntos axiales y 5 repeticiones en el punto central, conformando un total de 13 tratamientos experimentales. El objetivo principal del diseño fue optimizar los tratamientos de mezclas de harina de trigo y harina de cushuro, evaluando el impacto de las variables independientes: Factor A: (% harina de trigo) y Factor b: (% harina de cushuro).

Tabla 13: *Variables independientes del diseño experimental DCC, valores y codificaciones empleados en la optimización de mezclas de la harina de trigo y harina de cushuro.*

Variable independiente	Unidades	Niveles de sustitución				
		- α	-1	0	+1	+ α
Harina de trigo	%	82.9289	85.00	90.00	95.00	97.0711
Harina de cushuro	%	2.9289	5.00	10.00	15.00	17.0711

Nota: $\alpha=2.07$, $(-\alpha)$ = valor mínimo, (-1) = valor bajo, (0) = valor medio, $(+1)$ = valor alto y $(+\alpha)$ = valor máximo de las variables evaluadas.

Tabla 14: *Tratamientos obtenidos mediante el diseño central compuesto para la elaboración de las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro.*

La tabla 14, muestra la distribución de los tratamientos experimentales obtenidos a partir de la combinación de los factores codificados, así como sus respectivos valores reales expresados en porcentajes de harina de trigo y harina de cushuro. Además, se detallan los valores reales correspondientes, expresados en términos de porcentaje de harina de trigo y harina de cushuro, proporcionando una referencia clara para la formulación y análisis del experimento.

Numero de tratamiento	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
	X_1	X_2	Harina de trigo	Harina de cushuro
T1	-1	-1	85.00	5.00
T2	1	-1	85.00	15.00
T3	-1	1	95.00	5.00
T4	1	1	95.00	15.00
T5	$-\alpha$	0	82.9289	10.00
T6	$+\alpha$	0	97.0711	10.00
T7	0	$-\alpha$	90.00	2.9289
T8	0	$+\alpha$	90.00	17.0711
T9	0	0	90.00	10.00
T10	0	0	90.00	10.00
T11	0	0	90.00	10.00
T12	0	0	90.00	10.00
T13	0	0	90.00	10.00

3.5. DIAGRAMA EXPERIMENTAL

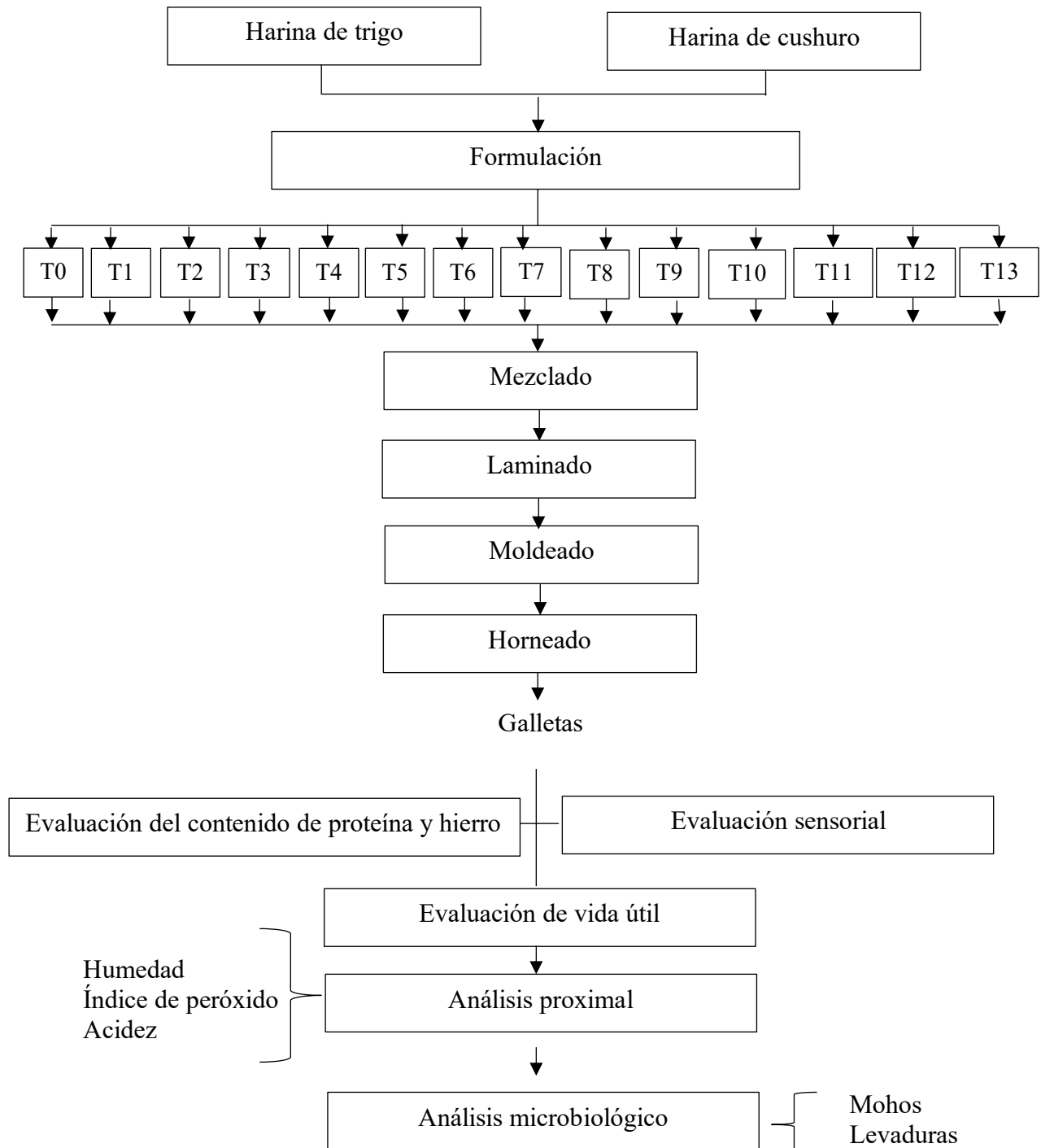


Figura 8: Diagrama experimental aplicado en la elaboración de galleta formuladas con harina de cushuro.

3.6. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.6.1. Análisis proximal de la materia prima

Materia prima: La harina de cushuro serán sometidos a análisis proximal la cual comprende la determinación de los porcentajes de:

- Humedad (%): Evaluado conforme al método descrito por la A.O.A.C (925.45).
- Cenizas totales: Determinadas según el protocolo establecido por la A.O.A.C (1975).
- Proteína (%): Cuantificado mediante el método Kjeldahl, conforme a la A.O.A.C (935.39).

3.6.2. Primer objetivo: Determinar los porcentajes óptimos de la adición de harina de cushuro y harina de trigo en galletas edulcoradas con stevia, sobre el contenido de proteína y hierro.

a. Variable de estudio

- **Variable independiente**
- Porcentaje de harina de cushuro (2.92%, 5%, 10%, 15% y 17.07%).
- Porcentaje de harina de trigo (82.92%, 85%, 90%, 95% y 97.07%).
- **Variable dependiente**
- % Proteína
- % Hierro

b. Diseño experimental

En la formulación de galletas con el reemplazo parcial de harina de trigo por harina de cushuro, se empleó el Diseño Central Compuesto (DCC) como herramientas estadísticas. Los ensayos experimentales se realizaron en triplicados, considerando como variables independientes los niveles porcentuales de harina de cushuro y harina de trigo. Las variables de respuesta seleccionado fueron los contenidos de proteína, humedad, cenizas y hierro.

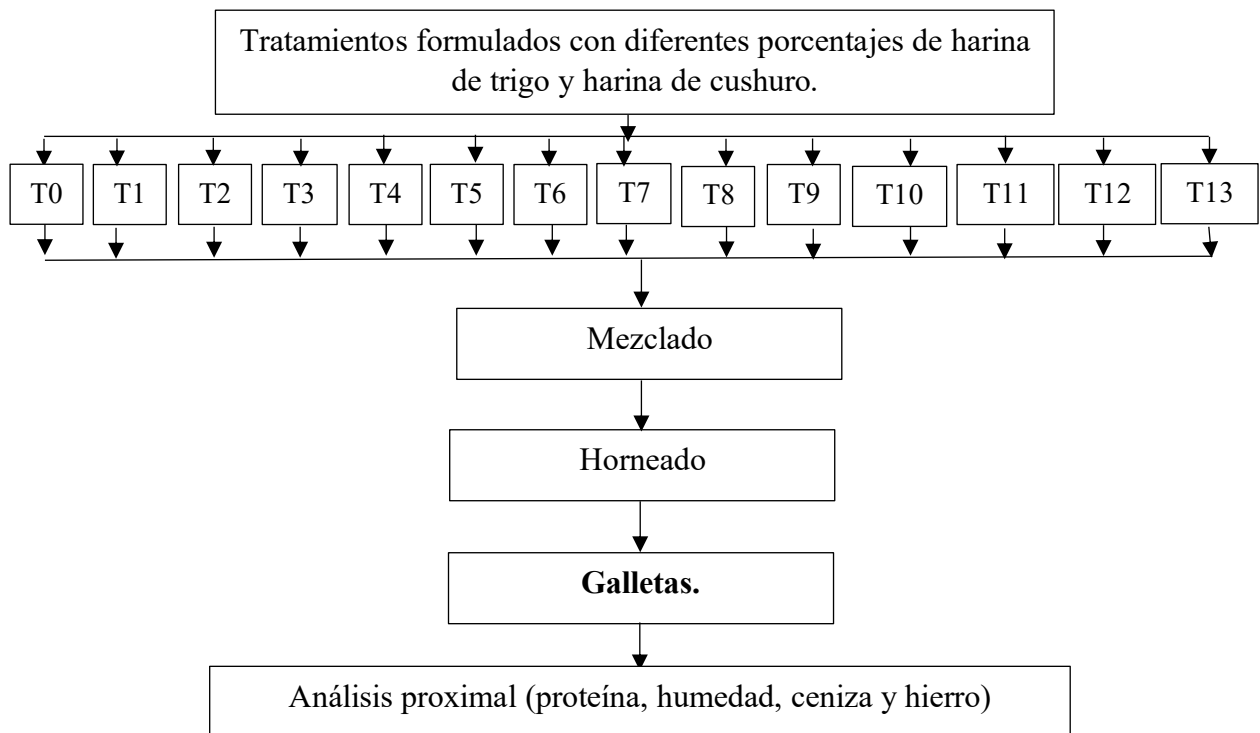


Figura 9: Diseño experimental para la elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro.

c. Análisis estadístico: Se empleó el modelo de Superficie de Respuesta mediante un Diseño Central Compuesto (DCC) mediante el software STATGRAPHICS Centurión XVIII. Este diseño consideró dos factores, la harina de cushuro y la harina de trigo, evaluando 5 niveles de sustitución en los porcentajes establecidos. El análisis estadístico tuvo como objetivo identificar posibles diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, utilizando un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$) para la validación de los resultados.

d. Aplicación de métodos para la determinación de %proteína, %humedad, % ceniza y %hierro.

La cuantificación de proteína, humedad, ceniza y hierro se llevó a cabo en los laboratorios de Catálisis y Absorbentes de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, aplicando los siguientes métodos analíticos:

- Humedad (%): Determinada según el método de la A.O.A.C 925.45.
- Cenizas totales: Cuantificadas conforme al protocolo de la A.O.A.C 1975.
- Proteína (%): Analizada mediante el método Kjeldahl, según la A.O.A.C 935.39.

- Hierro (%): Espectrofotometría de absorción de llamas (FAAS)

3.6.3. Segundo objetivo: Evaluar el grado de satisfacción de las galletas con mayor contenido de proteína y hierro.

a. Variable de estudio

- **Variable independiente**
- Galletas con alto contenido de proteína y hierro
- **Variable dependiente**
- Grado de aceptación (color, olor, sabor, textura y apariencia general)

b. Diseño experimental

Se llevó a cabo una evaluación sensorial de las galletas con mayor contenido de proteína y hierro, con la participación de 120 panelistas no entrenados, pertenecientes a la etapa escolar. Los tratamientos seleccionados (T0, T2, T4 y T8) fueron evaluados utilizando la escala hedónica de 5 puntos. La evaluación sensorial se realizó sobre estos tratamientos de galletas, debidamente codificados. En la Figura 10, muestra el esquema experimental de las galletas seleccionadas, las cuales fueron analizadas sensorialmente en función de su contenido de proteína y hierro.

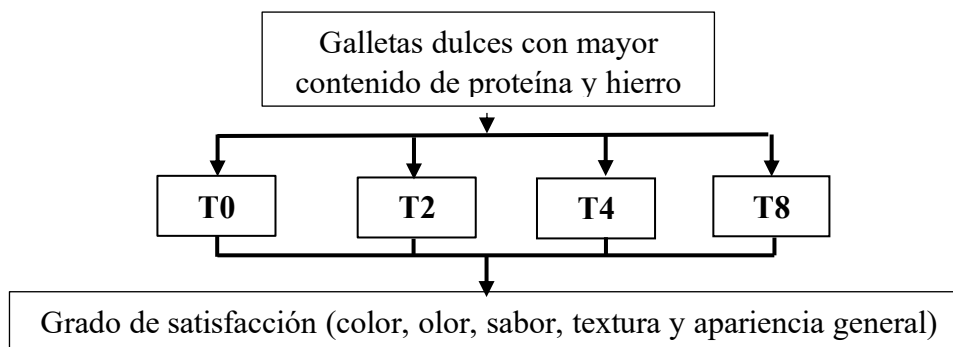


Figura 10: Diseño experimental para evaluar el grado de satisfacción de las galletas con alto contenido de proteína y hierro.

Donde:

TO, T2, T4 y T8 = Tratamientos seleccionados con mayor contenido de proteína y hierro.

- c. **Análisis estadístico:** Se empleó el programa Minitab 21, empleando la prueba de Friedman de análisis estadístico no paramétrico.
- d. **Aplicación del método para evaluar el grado de satisfacción.**

- Prueba de escala hedónica (Anexo 21).

3.6.4. Tercer objetivo: Determinar la vida útil de la galleta con mayor grado de satisfacción.

a. Variables de estudio

- **Variable independiente**
- Temperatura 30°C
- Temperatura 40°C
- **Variable dependiente**
- Vida útil (Humedad, acidez e índice de peróxido)

b. Diseño experimental.

La estimación de la vida útil se llevó a cabo en los tratamientos T0 y T4, siendo este último el que presentó el mayor nivel de aceptación sensorial. La evaluación se realizó considerando los parámetros de humedad, acidez e índice de peróxidos, durante un periodo de 28 días a temperaturas controladas de 30 °C y 40 °C. Para este análisis se empleó el método de pruebas aceleradas, utilizando como base la ecuación de Arrhenius para modelar la influencia de la temperatura en la velocidad de deterioro del producto (Anexo 20).

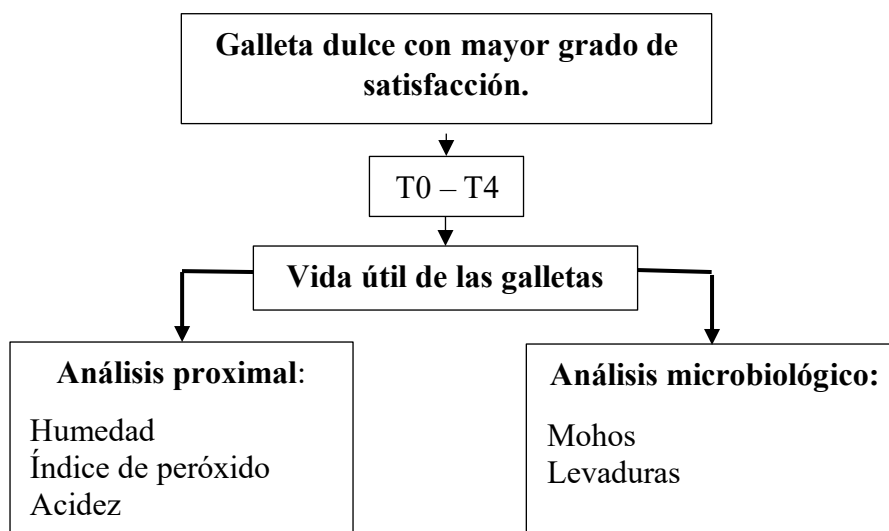


Figura 11: Diseño experimental para determinar la vida útil de las galletas con mayor grado de satisfacción.

c. Aplicación del método para determinar la vida útil de las galletas.

- Vida útil: Método pruebas aceleradas utilizando la ecuación de Arrhenius (Anexo 21).
- **Análisis fisicoquímico.**
 - Humedad (%): Método empleado según la NTP 206.011 (INACAL,2018) (Anexo 15)
 - Acidez (expresado en ácido láctico): Método empleado según la NTP 206.013 (INDECOPI,2011). (Anexo 18)
 - Peróxido (%): Método empleado según la NTP 206.016 (INDICOPI, 2011) (Anexo 17)
- **Análisis microbiológico.**
 - Mohos: Analizados conforme al método establecido por la A.O.A.C. 977.02.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE LA HARINA DE CUSHURO

Tabla 15: *Composición proximal obtenida de la harina de cushuro analizada en el estudio.*

Materia prima	Carbohidratos (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Proteína (%)
Harina de cushuro	56.14	7.69	9.39	0	9.51	26.66

FUENTE: BHIOS LAB, (2023).

En la Tabla 15, muestra los resultados del análisis proximal de la harina de cushuro, los cuales fueron comparados con los reportados por Culqui y Guevara (2022). En dicha comparación, se evidenció que los valores correspondientes a proteína, carbohidratos, cenizas y humedad fueron superiores en el presente estudio, mientras que los contenidos de fibra y grasa resultaron inferiores. El contenido de proteína determinado en la harina de cushuro evaluada fue de 26.66%, cifra que se sitúa por debajo del valor reportado por el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2017), que indica un contenido proteico de 29%. Estas discrepancias pueden atribuirse a diversos factores, principalmente relacionados con el entorno geográfico y ecológico en el que se desarrolla el cushuro, ya que sus propiedades están estrechamente vinculadas a las condiciones ambientales locales

Según investigaciones previas como las de Reyes *et al.* (2017), se ha determinado que la harina de cushuro contiene 29 g/100 g de proteína, 46.9 g/100 g de carbohidratos, 0.5 g/100 g de grasa y 8.5 g/100 g de cenizas. En cuanto al contenido de fibra cruda, se han documentado valores teóricos de 9.21 ± 0.96 g/100 g y 8.50 g/100 g. Estudios adicionales, como los realizados por Fernández y Suyón (2018) y el Centro Nacional de Alimentación y

Nutrición (2009). Por su parte, Díaz y Espinoza (2022), informaron un contenido de cenizas de 6.4070 ± 0.0223 %, atribuido principalmente a su riqueza en calcio y hierro. Los valores reportados teóricamente indican que la proteína del cushuro (29 %) es superior a la de la carne de pescado (15.0 – 25 %). Asimismo, su contenido de calcio (147 mg/100 g) excede la cantidad encontrada en la leche (20 mg/100 g), mientras que su aporte de hierro (83.60 mg/100 g) es considerablemente mayor que el registrado en la lenteja (7.6 mg/100 g).

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PORCENTAJES ÓPTIMOS DE LA ADICIÓN DE HARINA DE CUSHURO Y HARINA DE TRIGO EN GALLETAS EDULCORADAS CON STEVIA SOBRE EL CONTENIDO DE PROTEÍNA Y HIERRO.

En la Tabla 16, presenta los valores correspondientes a los diferentes tratamientos aplicados en la elaboración de galletas formuladas con mezclas de harina de trigo y harina de cushuro. Se observa que el tratamiento T0, correspondiente a la muestra control, registró los niveles más bajos en los componentes evaluados, mientras que el tratamiento T2 se distinguió por alcanzar los mayores contenidos de proteína y hierro.

Tabla 16: Resultados de proteína, humedad, cenizas y hierro de los diferentes tratamientos obtenidos en galletas.

Tratamiento	Proteína (%)	Hierro mg/100g	Humedad (%)	Cenizas (%)
T0	8.55 ± 0.09	3.04 ± 0.002	3.72 ± 0.05	1.16 ± 0.01
T1	9.25 ± 0.07	3.43 ± 0.003	2.69 ± 0.01	1.79 ± 0.03
T2	10.42 ± 0.04	10.15 ± 0.008	4.31 ± 0.04	2.26 ± 0.07
T3	8.96 ± 0.05	3.39 ± 0.000	4.31 ± 0.04	2.05 ± 0.03
T4	9.88 ± 0.04	7.19 ± 0.000	2.29 ± 0.06	2.41 ± 0.04
T5	9.78 ± 0.02	4.71 ± 0.000	1.93 ± 0.03	1.94 ± 0.05
T6	9.51 ± 0.27	4.70 ± 0.001	2.60 ± 0.07	1.99 ± 0.05
T7	9.25 ± 0.09	3.49 ± 0.000	2.71 ± 0.03	1.73 ± 0.05
T8	9.83 ± 0.06	7.32 ± 0.002	2.11 ± 0.01	2.11 ± 0.005
T9	9.96 ± 0.03	7.11 ± 0.001	4.11 ± 0.08	1.95 ± 0.03
T10	9.95 ± 0.01	7.11 ± 0.005	4.12 ± 0.02	1.97 ± 0.02
T11	9.94 ± 0.03	7.12 ± 0.004	4.11 ± 0.06	1.97 ± 0.03
T12	9.96 ± 0.01	7.12 ± 0.005	4.12 ± 0.02	1.96 ± 0.02
T13	9.96 ± 0.01	7.12 ± 0.003	4.15 ± 0.02	1.96 ± 0.02

Nota: Valores expresados como media ± desviación estándar de tres repeticiones.

En la Tabla 16, presenta los resultados del análisis proximal aplicado a las galletas, los cuales se encuentran dentro de los límites establecidos por el Reglamento Sanitario para la Producción, Elaboración y Comercialización de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N.º 1020-2010/MINSA), según lo dispuesto por el Ministerio de Salud (MINSA, 2010). Se resalta que el tratamiento T2 obtuvo los valores más elevados en cuanto a contenido de proteína (10.42%) y hierro (10.15%), mientras que el tratamiento T0, correspondiente a la muestra control, registró los niveles más bajos (8.55% de proteína y 3.04% de hierro).

En el Anexo 22, muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado al porcentaje de proteína, considerando por separado los efectos lineales y cuadráticos de la sustitución de harina de trigo por harina de cushuro. Se determinó que ambos efectos resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.05$), lo que evidencia diferencias relevantes respecto al valor nulo con un nivel de confianza del 95%. Además, el coeficiente de determinación (R^2) fue de 87.67%, lo que indica que el modelo explica una alta proporción de la variabilidad observada en el contenido de proteína.

En la Figura 12, muestra el Diagrama de Pareto Estandarizado correspondiente al contenido de proteína, en el cual se consideran como factores independientes la harina de trigo (A) y la harina de cushuro (B). El gráfico revela que los efectos principales A y B, así como el efecto cuadrático BB, son estadísticamente significativos ($p < 0.05$), lo que indica su influencia directa sobre la variable respuesta. Además, los tres efectos muestran una tendencia positiva, lo que sugiere que una mayor proporción de harina de cushuro en la formulación se asocia con un incremento relevante en el contenido proteico de las galletas.

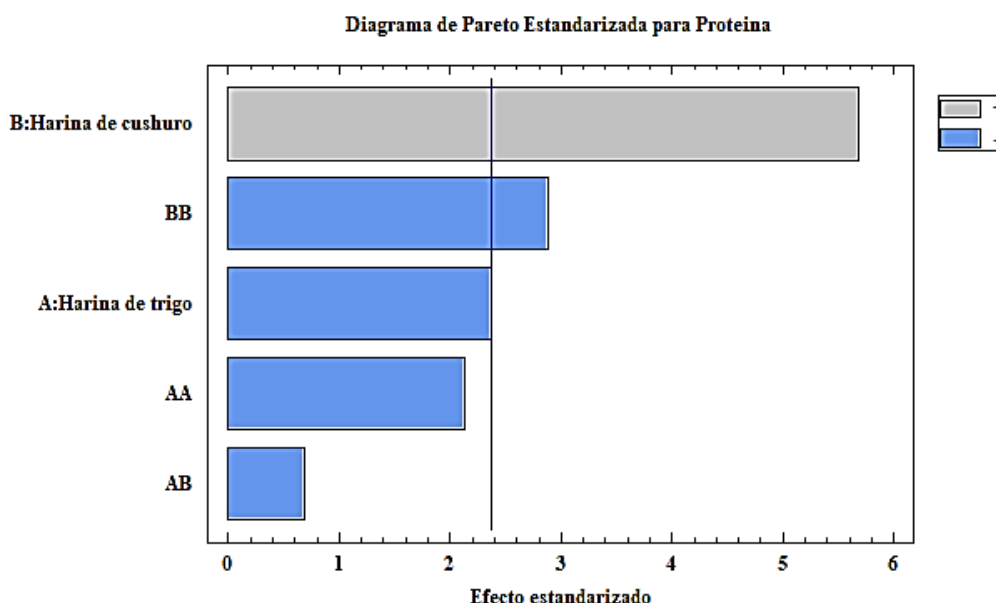


Figura 12: Diagrama de Pareto estandarizada para el % proteína de las galletas.

En la Figura 13, presenta la gráfica de los efectos principales para la variable contenido de proteína, donde se observa un aumento progresivo desde 9.25% hasta 10.42% al incrementar la proporción de harina de cushuro en la formulación, desde un 2% hasta un 17%. Esta tendencia evidencia un efecto positivo y directo de este insumo sobre la variable de respuesta, confirmando que su incorporación mejora el perfil proteico de las galletas.

Los resultados obtenidos nos muestra que el tratamiento T2 (85% harina de trigo y 15% harina de cushuro) obtuvo el mayor % de proteína con un valor de $10.42 \pm 0.04\%$, seguido por el tratamiento T9 (90% harina de trigo y 10% harina de cushuro) con un valor de $9.96 \pm 0.036\%$ de proteína, esto refleja que al incrementar la harina de cushuro aumenta el porcentaje de proteína, tal como indica los diversos investigadores, (Culqui y Guevara, 2022), quienes afirman que un mayor porcentaje de harina de cushuro contribuye a mejorar las propiedades fisicoquímicas del producto final. Asimismo, el valor proteico obtenido en el tratamiento T2 ($10.42 \pm 0.04\%$) resultaron similar al reporte de Meza (2022), quien obtuvo un 10.04% de proteína en galletas formuladas con 10% de harina de pituca y 20% de cushuro. De igual manera, al reporte por Carlos (2023), reportó un incremento hasta el 11.32 % de proteína en galletas formuladas con 15 % de harina de cushuro y 9 % de aceite refinado de anchoveta.

Asalde e Iparraguirre (2023), se realizó una investigación enfocada en el desarrollo de galletas fortificados mediante la combinación de harina de cushuro y tarwi, con el objetivo de mejorar su perfil proteico. Los resultados evidenciaron que la formulación óptima

correspondió al uso del 20% de harina de cushuro, logrando un contenido de proteína de 11.8% en las galletas dulces, en contraste con una galleta comercial que presentó un contenido proteico de 8.7%. Por su parte, Díaz y Espinoza (2022), evaluaron la incorporación de harina de soya (HS), cáscara de piña (HCP) y chips de cushuro (CC) en diferentes proporciones: HS (8-20%), HCP (2-10%) y CC (20.33%). La formulación F6, compuesta por 6% de HCP y 20.33% de CC, alcanzó el mayor contenido de proteína con un valor de 13.3350 % respectivamente. Por otro lado, Cutipa (2022), reportó que al enriquecer pan francés suplementado con distintos niveles de harina de cushuro (5 %, 10 %, 15 % y 20 %), el contenido proteico aumentó proporcionalmente. La mayor optimización se obtuvo con el 5 % de sustitución, alcanzando un valor de proteína de 15.6 %.

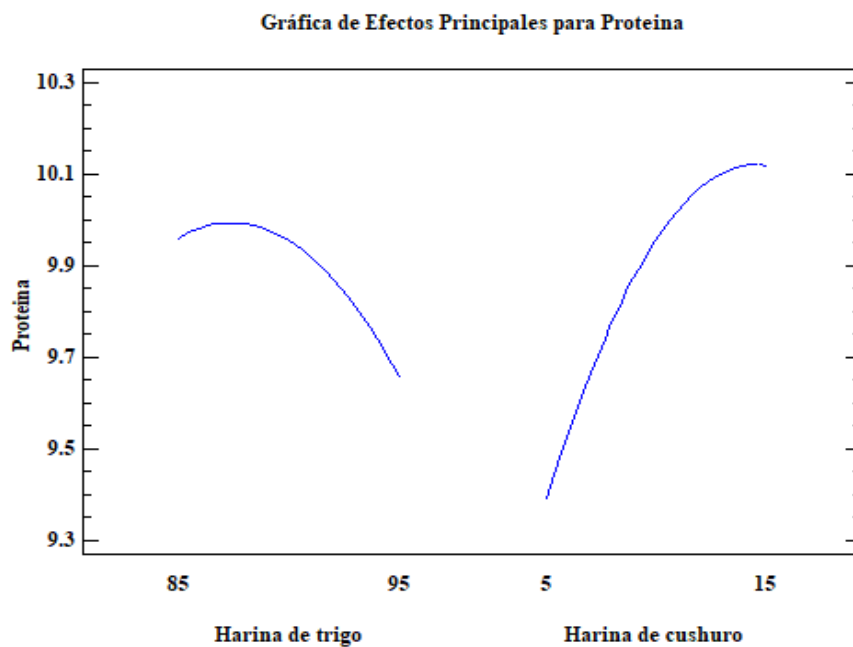


Figura 13: Grafica de efectos principales para el % proteína de las galletas.

Se desarrolló un modelo con el propósito de evaluar el impacto de las proporciones de harina de trigo y de cushuro sobre el contenido de proteína en las galletas. Para ello, se estimaron los coeficientes de regresión de cada factor en sus formas lineal, cuadrática y de interacción, lo cual permitió establecer una ecuación cuadrática de regresión que describe la variación del contenido de proteína mediante un modelo de correlación múltiple:

$$\text{Proteína} = -38.3127 + 1.0441*A + 0.456357*B - 0.00582997*A^2 - 0.0025*A*B - 0.00793003*B^2.$$

Este modelo matemático posibilita predecir el porcentaje de proteína en función de las proporciones utilizadas de harina de trigo (A) y harina de cushuro (B). A partir de esta ecuación, se elaboraron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, ilustrados en las Figuras 14 y 15. Dichas gráficas muestran que, al incrementarse la proporción de harina de cushuro, también lo hace el contenido de proteína, destacando el potencial de este ingrediente para mejorar el perfil nutricional del producto. Las zonas con mayor concentración de proteína se identifican con tonalidades que van del amarillo al naranja, correspondientes a niveles altos de ambos componentes.

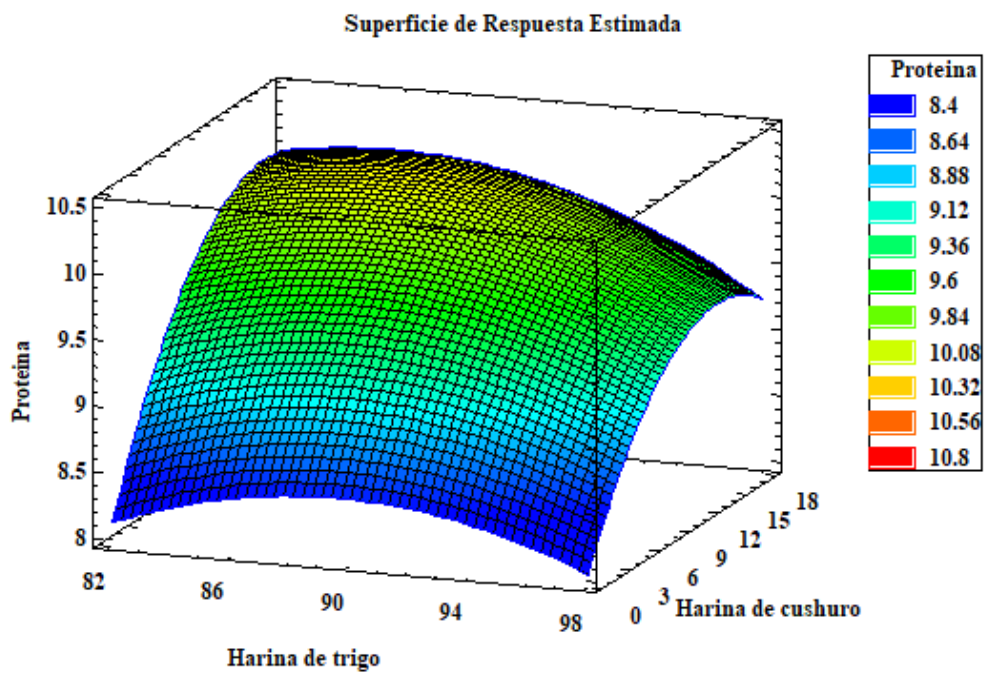


Figura 14: Grafica de Superficie de Respuesta para él % de proteína de la galleta.

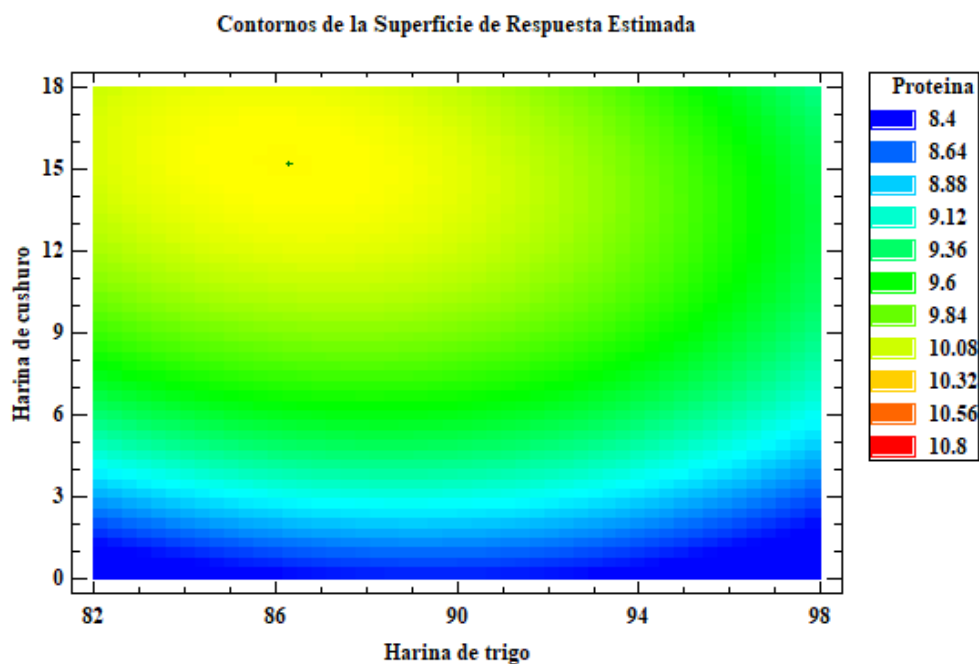


Figura 15: Grafica del contorno de superficie respuesta de proteína de la galleta.

Optimización del contenido proteico en galletas con harina de cushuro.

En la Tabla 17, muestra la formulación óptima de harina de trigo (86.29%) y harina de cushuro (15.17%) que maximiza el contenido proteico de las galletas, alcanzando un valor estimado de 10.20% según el modelo de optimización empleado. Esta formulación representa el punto óptimo dentro de la región experimental evaluada.

Tabla 17: Niveles mínimo, máximo y óptimo de sustitución de harinas de trigo por harina de cushuro.

<i>Factor</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Óptimo</i>
% Harina de Trigo	82.9289	97.0711	86.2933
% Harina de Cushuro	2.92893	17.0711	15.1735

En el Anexo 23. se presenta los resultados de la comparación de medias obtenida mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba post hoc de Tukey aplicada al contenido proteico. En este análisis se contrastan los valores correspondientes a la galleta control (T0, formulada con 100% de harina de trigo) y la galleta óptima (T2, compuesta por 86.29% de harina de trigo y 15.17% de harina de cushuro). Los resultados muestran una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), lo que respalda que la inclusión de harina de

cushuro contribuye de manera significativa al incremento del contenido de proteína en el producto final.

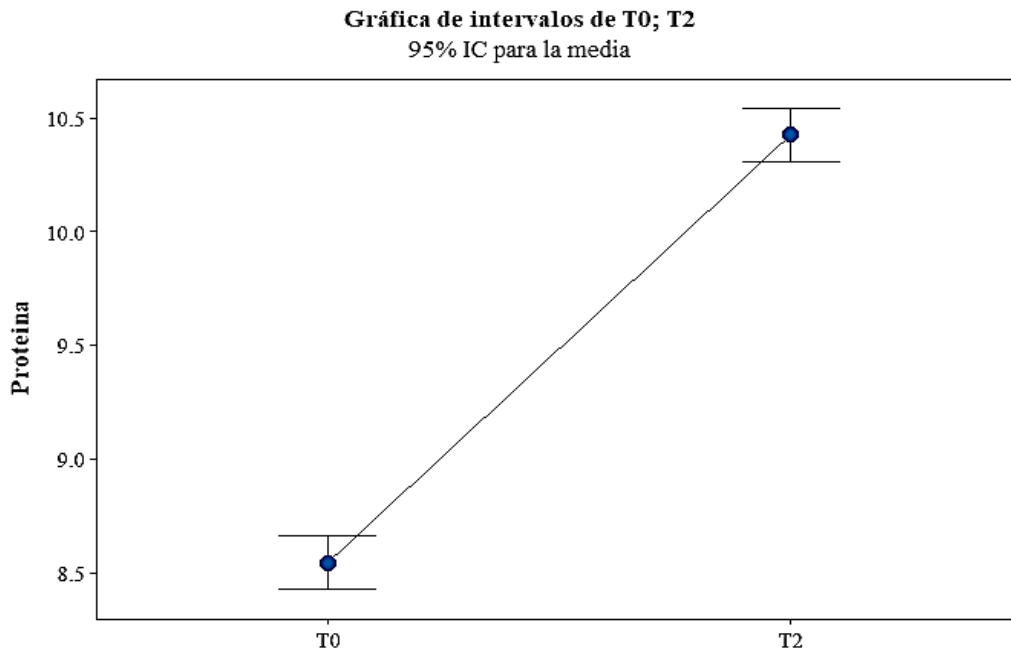


Figura 16: Gráfico de intervalo de proteína vs tratamientos en galletas.

En la Figura 16, muestra el gráfico de intervalo de confianza asociado al contenido de proteína en los diferentes tratamientos analizados. En este se evidencia que el tratamiento T2 presenta el mayor valor proteico (10.42%), seguido del tratamiento T0, correspondiente al grupo control, con un contenido de 8.55%.

En el Anexo 24, muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la variable porcentaje de hierro, considerando los efectos individuales tanto lineales como cuadráticos derivados de la sustitución de harina de trigo por harina de cushuro. Los hallazgos evidencian que la harina de cushuro influye estadísticamente significativo sobre el contenido de hierro ($p < 0.05$), en ambas formas de modelado, con un nivel de confianza del 95%. En contraste, la harina de trigo presenta un efecto negativo no significativo sobre esta variable. El modelo explica el 87.22% de la variabilidad en el contenido de hierro, según lo indica el coeficiente de determinación (R^2).

En la Figura 17, presenta el Diagrama de Pareto Estandarizado para el contenido de hierro en función de los factores independientes: A (harina de trigo) y B (harina de cushuro). Este gráfico revela que el factor B, junto con el término cuadrático del factor A (AA), presentan efectos estadísticamente significativos ($p < 0.05$), lo que indica una influencia relevante sobre

la variable respuesta. Se identifica un efecto positivo del factor B, lo que confirma que mayores proporciones de harina de cushuro en la formulación incrementan significativamente el contenido de hierro en las galletas. En cambio, el efecto de la harina de trigo es negativo y no significativo dentro del modelo, lo que sugiere una contribución limitada al enriquecimiento con este mineral.

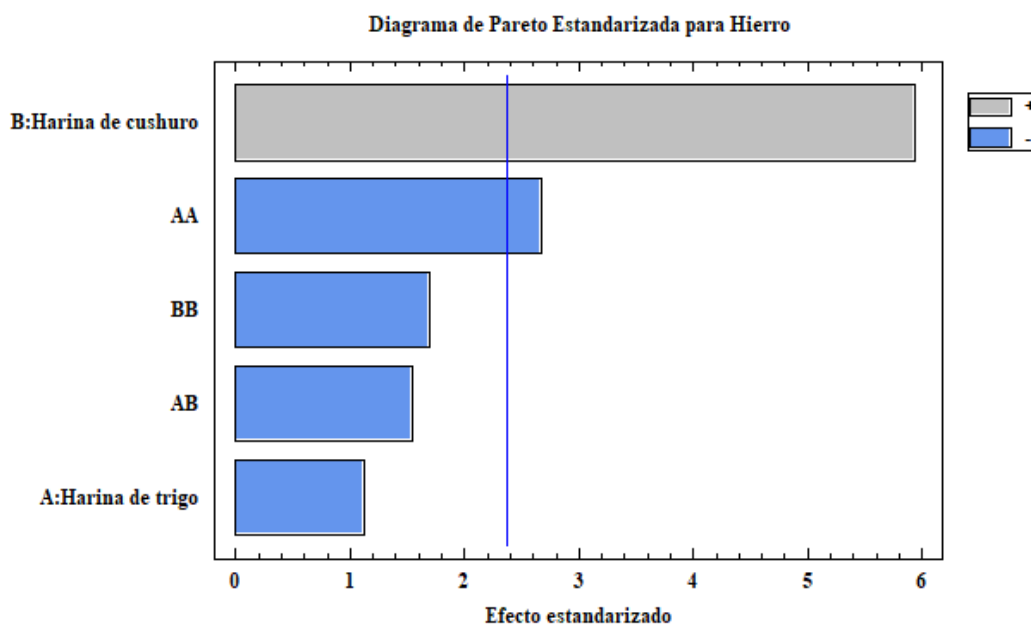


Figura 17: Diagrama de Pareto estandarizada para el % Hierro de las galletas.

En la Figura 18, muestra la gráfica de los efectos principales sobre la variable porcentaje de hierro. En ella se observa un incremento progresivo del contenido de hierro, desde 3.43% hasta alcanzar un valor máximo de 10.15%, conforme aumenta la proporción de harina de cushuro del 2% al 17%. Este resultado evidencia el impacto positivo de dicho insumo en el enriquecimiento del producto. En contraste, las variaciones en el porcentaje de harina de trigo no generaron cambios significativos en la variable respuesta, lo que sugiere una contribución limitada o nula al contenido de hierro en las galletas.

El contenido de hierro alcanzado en este estudio fue de 10.15 mg/100g obtenido en las galletas formuladas, valor que guarda similitud con el reportado por Aedo (2023), quien empleó un 18.75% de harina de cushuro en la formulación de una galleta y obtuvo un valor de 10.2 mg/100g de hierro. Asimismo, Cárdenas *et al.* (2021), reportaron un contenido de 10.08 mg/100g en un alimento infantil fortificado con hierro.

Asalde e Iparraguirre (2023), desarrollaron galletas enriquecidas mediante la inclusión de cushuro y tarwi, donde registro un valor de 6.34 mg/100g de hierro, Por su parte, Tafur y

Obregón (2019), formularon gomitas funcionales empleando cushuro, aceite de sachu inchi y spirulina, logrando incrementar el hierro de 2.74 a 9.12 mg/100 g. No obstante, ambos valores resultan inferiores a los obtenidos en este estudio.

Culqui y Guevara (2022), en su trabajo de investigación, registraron un contenido de 14.79 mg/100 g en galletas con 6% de harina de cushuro, un valor cercano a los niveles necesarios para mejorar los niveles de hemoglobina en el organismo. Diversas investigaciones coinciden en señalar que la harina de cushuro representa una fuente importante de hierro y que su incorporación en mayores proporciones incrementa significativamente el contenido de este mineral en el producto final. En este contexto, Apaza e Izquierdo (2017), reportaron un valor superior de 20.14 mg/100 g, una cifra superior a la obtenida en el presente estudio (10.15 mg/100 g), esta diferencia puede atribuirse al uso de distintas materias primas en el proceso de formulación.

Por otro lado, Documet (2015), desarrolló galletas enriquecidas con hígado de res, alcanzando valores de hierro de 5.6, 6.1 y 6.6 mg/100 g, valores que se encuentran por debajo de los obtenidos con el uso de harina de cushuro. La diferencia de aproximadamente de 4 mg/100 g donde, resalta la eficacia del cushuro como ingrediente funcional en la mejora del perfil nutricional de productos alimenticios.

De acuerdo con lo establecido por el National Institutes of Health (2019), los requerimientos diarios de hierro varían en función del sexo, la edad y el tipo de alimentación del individuo. Específicamente, las personas con alimentación vegetariana pueden presentar necesidades mayores, dado que excluyen fuentes animales, las cuales constituyen la principal fuente de hierro hemo de alta biodisponibilidad. Las recomendaciones indican una ingesta diaria de 11 mg para niños y adolescentes, mientras que para mujeres embarazadas se establece un requerimiento significativamente mayor, alcanzando los 27 mg por día, debido a las demandas fisiológicas propias del embarazo.

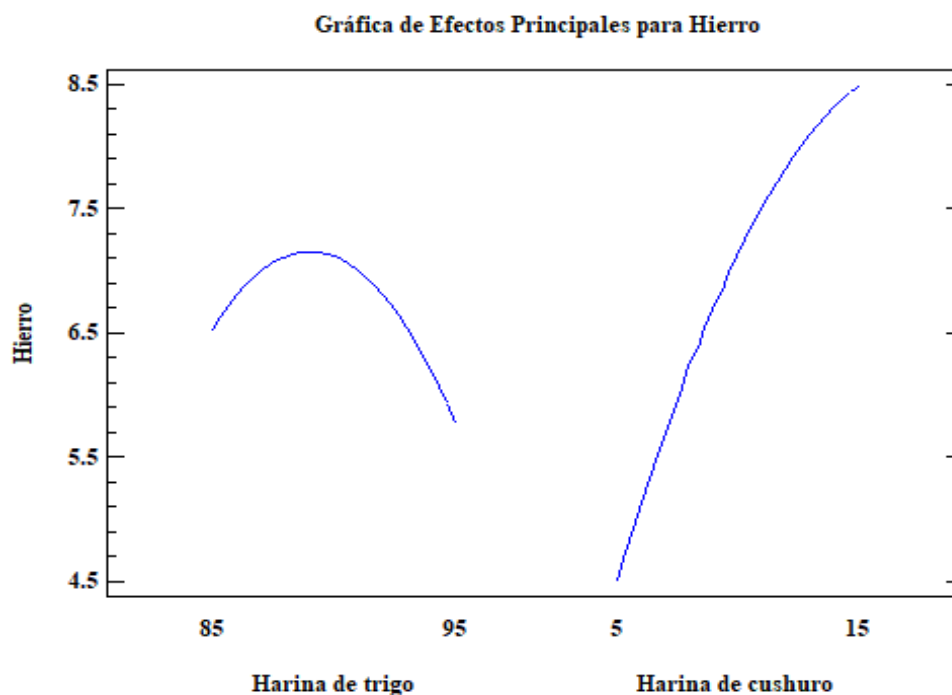


Figura 18: Grafica de efectos principales para el % hierro de las galletas.

Se desarrolló un modelo con el propósito de evaluar el impacto de las proporciones de harina de trigo y de cushuro sobre el contenido de hierro en las galletas. Para ello, se estimaron los coeficientes de regresión de cada factor en sus formas lineal, cuadrática y de interacción, lo cual permitió establecer una ecuación cuadrática de regresión que describe la variación del contenido de hierro mediante un modelo de correlación múltiple:

$$\text{Hierro} = -329.599 + 7.12322*A + 3.51382*B - 0.0383699*A^2 - 0.0292*A*B - 0.0243702*B^2.$$

Este modelo matemático posibilita predecir el porcentaje de hierro en función de las proporciones utilizadas de harina de trigo (A) y harina de cushuro (B). A partir de esta ecuación, se elaboraron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, ilustrados en las Figuras 19 y 20. Dichas gráficas muestran que, al incrementarse la proporción de harina de cushuro, también lo hace el contenido de hierro, destacando el potencial de este ingrediente para mejorar el perfil nutricional del producto. Las zonas con mayor concentración de hierro se identifican con tonalidades que van del amarillo al naranja, correspondientes a niveles altos de ambos componentes.

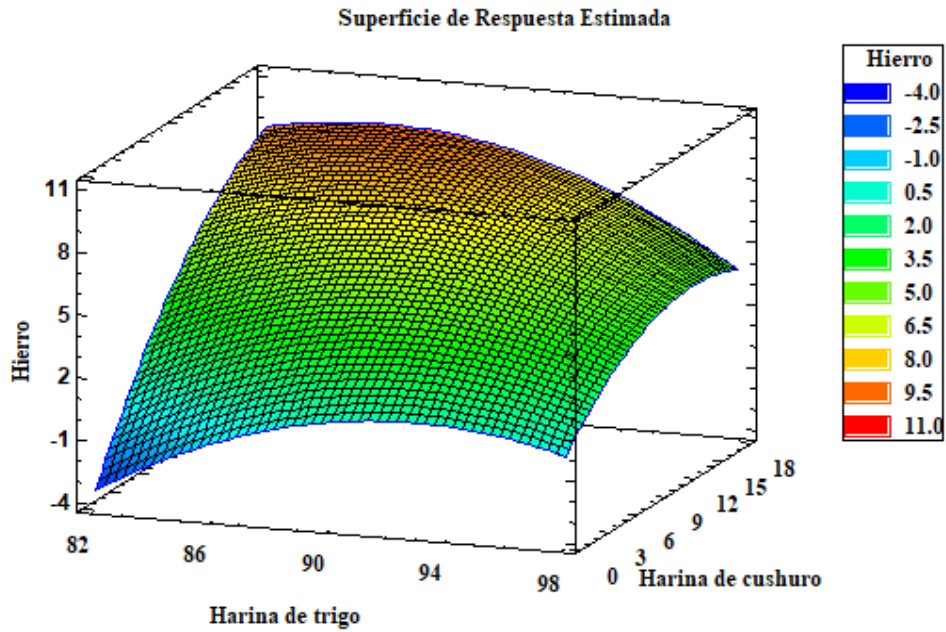


Figura 19: Grafica de Superficie de Respuesta para el contenido de hierro en la galleta.

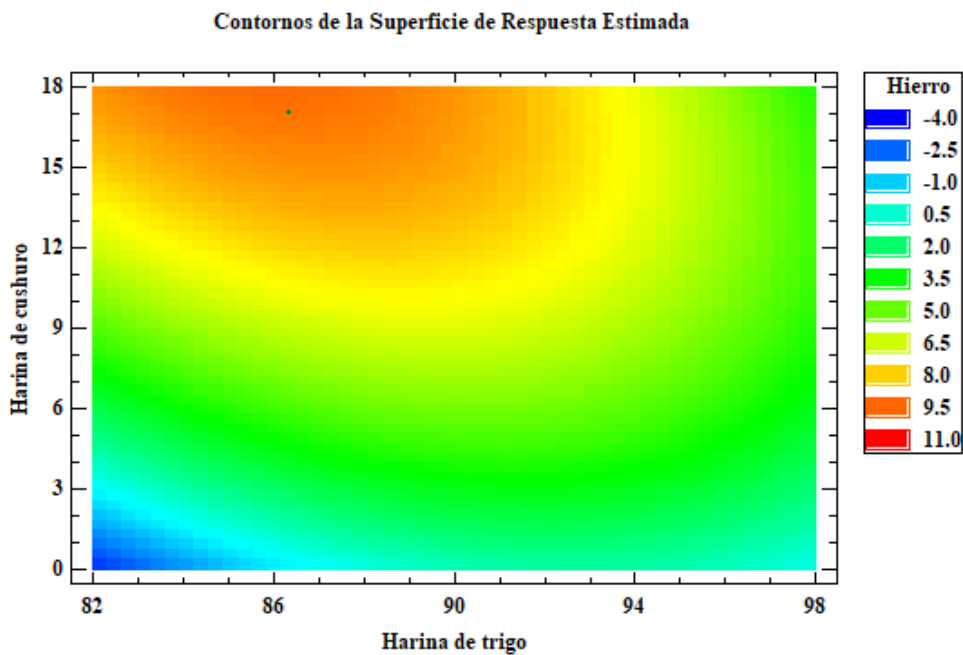


Figura 20: Grafica de contorno de superficie respuesta de hierro de la galleta.

Optimización del contenido de hierro en galletas con harina de cushuro.

En la Tabla 18, muestra la formulación óptima de la harina de trigo (86.3285 %) y harina de cushuro (17.0711 %) que maximiza el contenido del hierro en las galletas, alcanzando un

valor estimado de 10.41%, según el modelo de optimización empleado. Esta formulación balanceada representa en el punto óptimo dentro de la región experimental evaluada.

Tabla 18: *Niveles mínimo, máximo y óptimo de las harinas de trigo y cushuro.*

<i>Factor</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Óptimo</i>
Harina de Trigo %	82.9289	97.0711	86.3285
Harina de Cushuro %	2.92893	17.0711	17.0711

En el Anexo 25, se presenta los resultados del análisis estadístico realizado sobre el contenido de hierro, el cual comprendió la comparación de medias obtenida mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba post hoc de Tukey. Dicho análisis reveló una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el tratamiento control T0 (100% harina de trigo) y el tratamiento T2 (86.32% harina de trigo y 17.07% harina de cushuro), lo que confirma que la incorporación de harina de cushuro tiene un efecto positivo sobre el contenido de hierro del producto final.

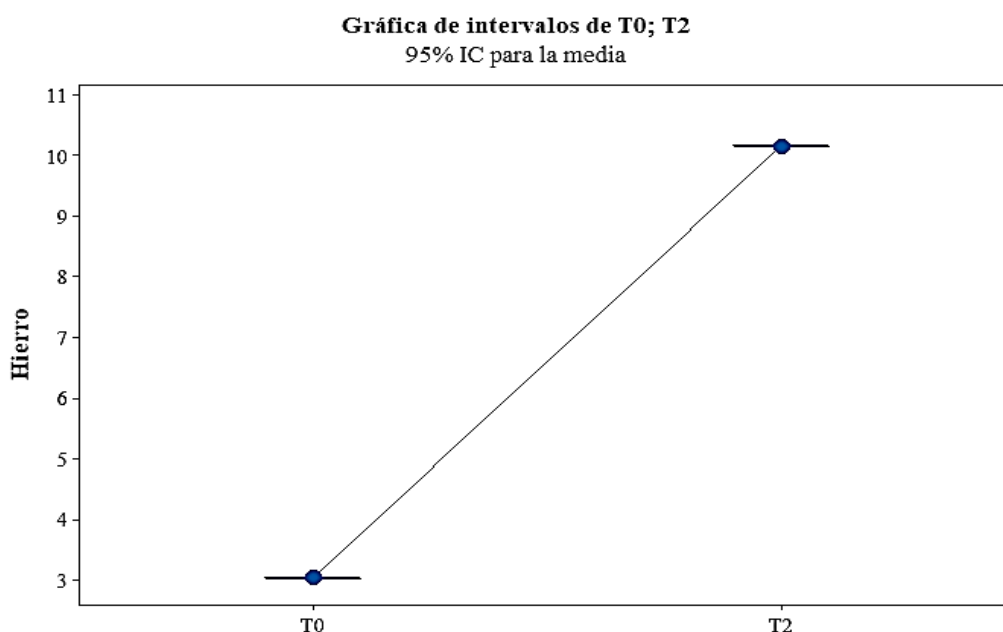


Figura 21: Gráfico de intervalo de Hierro vs tratamientos en galletas.

En la Figura 21, se presenta el gráfico de intervalos correspondientes al contenido de hierro, en el cual se observa que la muestra correspondiente al tratamiento T2 destaca por tener el mayor contenido de hierro (10.15%), seguida del tratamiento control T0, que presenta un valor considerablemente menor (3.04%).

En el Anexo 26, muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado al porcentaje de humedad, en el cual se evaluaron separadamente los efectos lineales y cuadráticos originados por la sustitución de harina de trigo con harina de cushuro. Ambos efectos mostraron significancia estadística ($p < 0.05$), lo que confirma diferencias sustanciales frente al valor cero, bajo un nivel de confianza del 95 %. No obstante, el modelo evidenció un coeficiente de determinación (R^2) de 77.01%, lo que indica una capacidad elevada para explicar la variabilidad observada en el contenido de humedad.

En la Figura 22, presenta el Diagrama de Pareto Estandarizado para el contenido de humedad, en función de los factores independientes A (harina de trigo) y B (harina de cushuro). En dicho grafico se evidencia que los términos cuadráticos e interactivos (AB, AA y BB) resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.05$). En cambio, los factores principales A y B no ejercieron una influencia significativa sobre el contenido de humedad.

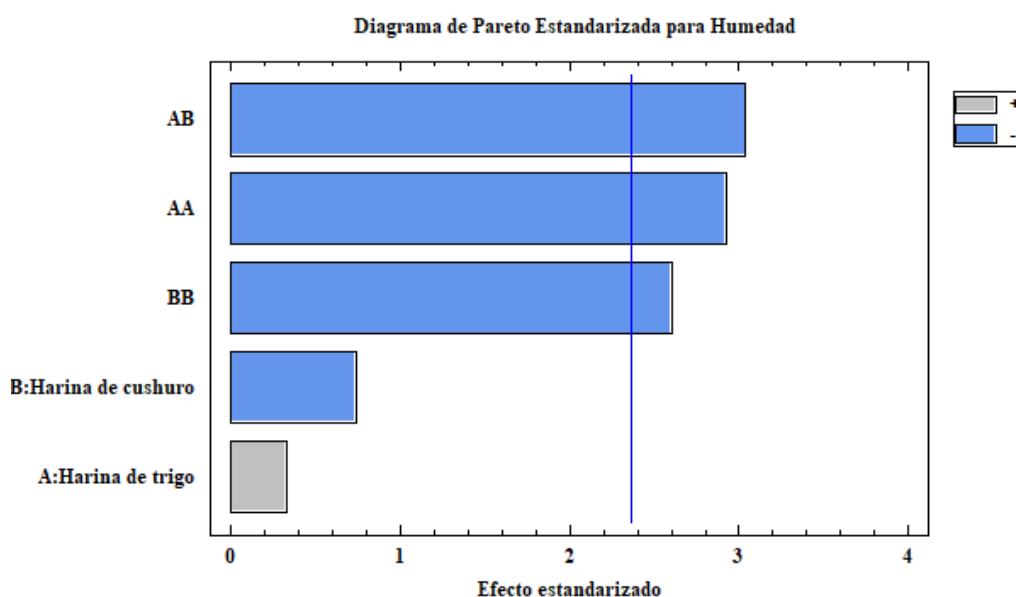


Figura 22: Diagrama de Pareto estandarizada para el % Humedad de las galletas.

En la Figura 23, muestra la gráfica de efectos principales correspondiente a la variable de humedad. Se aprecia un aumento en el contenido de humedad, el cual oscila entre 1.93% y 4.31%, conforme se incrementa la proporción de harina de cushuro del 2% al 17%. Sin embargo, no se evidencian diferencias estadísticamente significativas atribuidas a la harina de trigo ni a la de cushuro, dado que los valores de humedad tienden a mantenerse relativamente estables, incluso ante variaciones en sus respectivas concentraciones.

Los tratamientos evaluados presentaron niveles de humedad dentro del rango de 1.93% a 4.31%, cumpliendo con los límites establecidos por la Resolución Ministerial N.º 1020-2010/MINSA, que fija un valor máximo del 12% de humedad para productos de panificación (DIGESA, 2010). Asimismo, la Norma Técnica Peruana NTP 206.001 – Galleta: Requisitos, establece un límite equivalente INDECOPI (2016). Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por (Aedo, 2023), quien obtuvo un 3.33% de humedad en galletas libres de gluten formuladas con quinua, maíz y polvo de cushuro.

Carlos (2023), empleó harina de cushuro y aceite refinado de anchoveta en la elaboración de galletas, encontrando que todas sus formulaciones se mantuvieron dentro del límite normativo. La formulación II mostró el valor más elevado de humedad (6.24%), seguida de la formulación I (5.32%) y la formulación III (3.83%). En su investigación se evidenció que el uso de harina de cushuro actuó como factor reductor del contenido de humedad en las galletas.

Bolarinwa *et al.* (2019), señalaron que el incremento en el tiempo de horneado favorece la disminución del contenido de humedad, debido a la mayor evaporación de agua provocada por la transferencia de calor durante el tratamiento térmico.

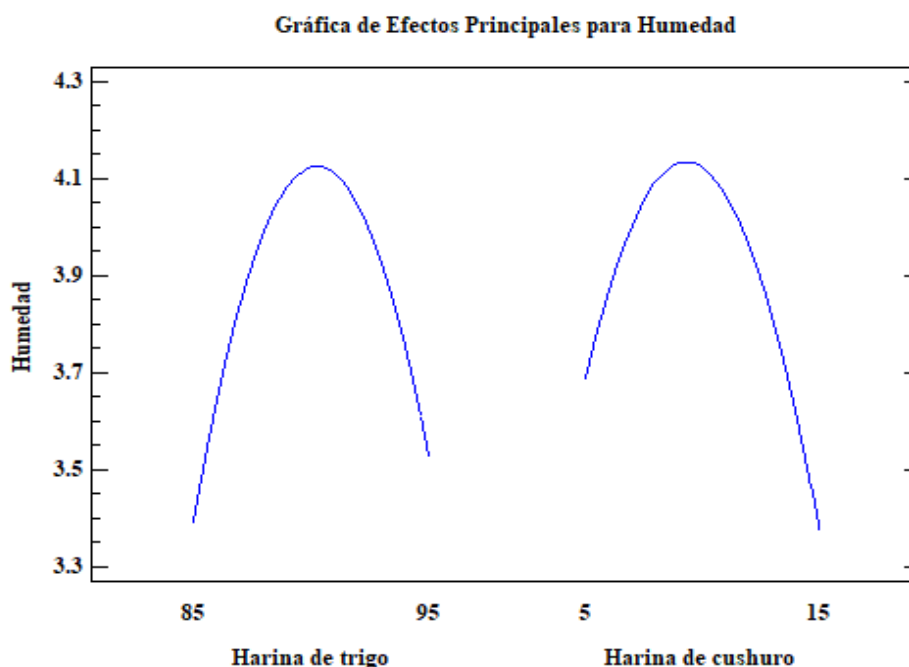


Figura 23: Grafica de efectos principales para el % humedad de las galletas.

Se desarrolló un modelo con el propósito de evaluar el impacto de las proporciones de harina de trigo y de cushuro sobre el contenido de humedad en las galletas. Para ello, se estimaron

los coeficientes de regresión de cada factor en sus formas lineal, cuadrática y de interacción, lo cual permitió establecer una ecuación cuadrática de regresión que describe la variación del contenido de humedad mediante un modelo de correlación múltiple:

$$\text{Humedad} = -247.017 + 5.15758*A + 3.71789*B - 0.026555*A^2 - 0.0364*A*B - 0.023655*B^2.$$

Este modelo matemático posibilita predecir el porcentaje de humedad en función de las proporciones utilizadas de harina de trigo (A) y harina de cushuro (B). A partir de esta ecuación, se elaboraron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, ilustrados en las Figuras 24 y 25. Dichas gráficas muestran que, al incrementarse la proporción de harina de cushuro, también lo hace el contenido de humedad, destacando el potencial de este ingrediente para mejorar el perfil nutricional del producto. Las zonas con mayor concentración de humedad se identifican con tonalidades que van del amarillo al naranja, correspondientes a niveles altos de ambos componentes.

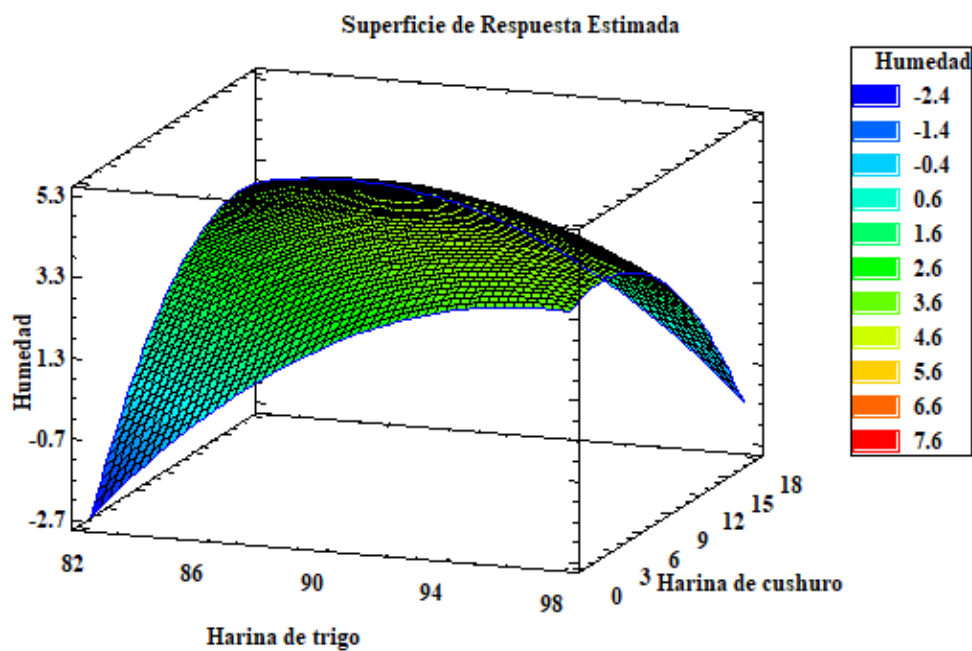


Figura 24: Grafica de Superficie de Respuesta para el contenido de humedad en la galleta.

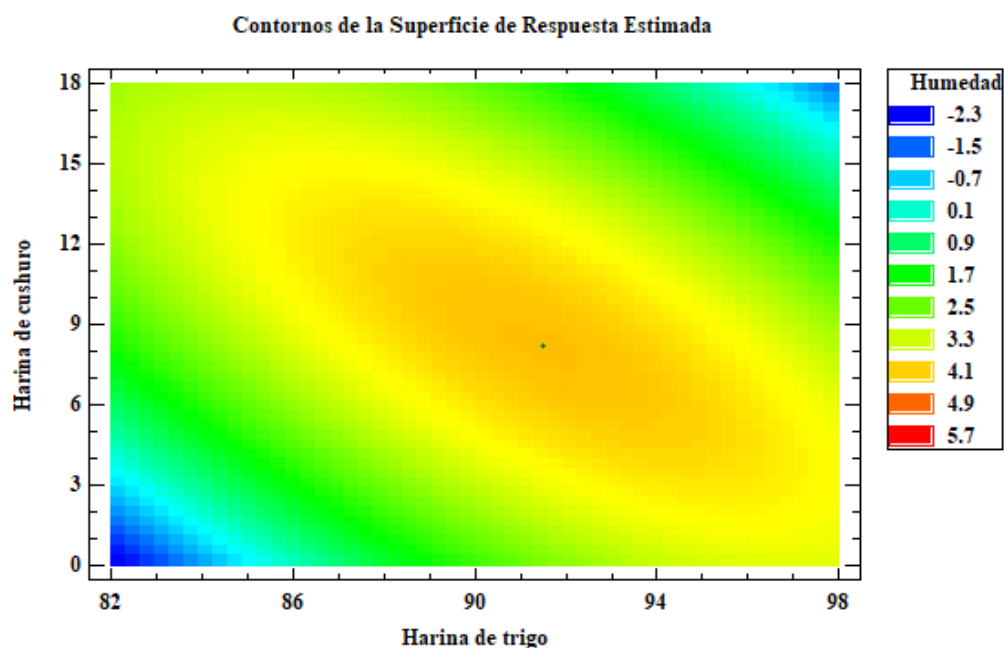


Figura 25: Grafica de contorno de superficie respuesta de humedad de la galleta.

Optimización del contenido de humedad en galletas enriquecido con harina de cushuro.

En la Tabla 19, muestra la formulación óptima de la harina de trigo (91.5017 %) y harina de cushuro (8.18546 %) que maximiza el contenido de humedad en las galletas, alcanzando un valor de 4.16% según el modelo de optimización empleado. Esta formulación balanceada representa en el punto óptimo del modelo dentro de la región experimental evaluada.

Tabla 19: Niveles mínimo, máximo y óptimo en las galletas de cushuro

<i>Factor</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Óptimo</i>
Harina de trigo %	82.9289	97.0711	91.5017
Harina de cushuro %	2.92893	17.0711	8.18546

En el Anexo 27, se presenta el análisis estadístico realizado, que comprende la comparación de medias, el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba post hoc de Tukey. Los resultados obtenidos muestran una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre la formulación control T0 (elaborada exclusivamente con harina de trigo) y la formulación optimizada T2 (compuesta por 91.50% de harina de trigo y 8.18% de harina de cushuro), lo que confirma que la incorporación de harina de cushuro tiene un efecto positivo sobre el contenido de humedad del producto final.



Figura 26: Gráfico de intervalo de Humedad vs tratamientos en galletas.

En la Figura 26, se presenta el gráfico del intervalo de humedad, donde se evidencia que el tratamiento T2, correspondiente a la formulación optimizada, alcanzó el valor más alto de humedad con un 4.31%. Este resultado supera al registrado por el tratamiento control T0, que presentó una humedad de 3.72%.

En el Anexo 28, muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado al porcentaje de cenizas, considerando diferentes niveles de reemplazo de harina de trigo por harina de cushuro y evaluando los efectos de cada factor de manera independiente. Los resultados indicaron que tanto los efectos lineales como cuadráticos del factor harina de cushuro fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$), lo que sugiere una influencia considerable sobre el contenido de cenizas. Esto significa que los efectos difieren de manera significativa de cero, con un intervalo de confianza del 95%. En cambio, la harina de trigo mostró un efecto negativo sobre el porcentaje de cenizas, pero este no fue estadísticamente significativo. Además, el coeficiente de determinación (R^2) reveló que el modelo explica el 75.95% de la variabilidad observada en el contenido de cenizas de las galletas.

En la Figura 27, se presenta el Diagrama de Pareto Estandarizado para el contenido de cenizas, en función de los factores independientes: A (harina de trigo) y B (harina de cushuro). Se destaca que el factor B mostró un efecto positivo y estadísticamente significativo ($p < 0.05$), lo que refuerza su influencia en el aumento del porcentaje de cenizas.

Por el contrario, aunque el factor A tuvo un efecto negativo, este no alcanzó significancia estadística, con un nivel de confianza del 95%.

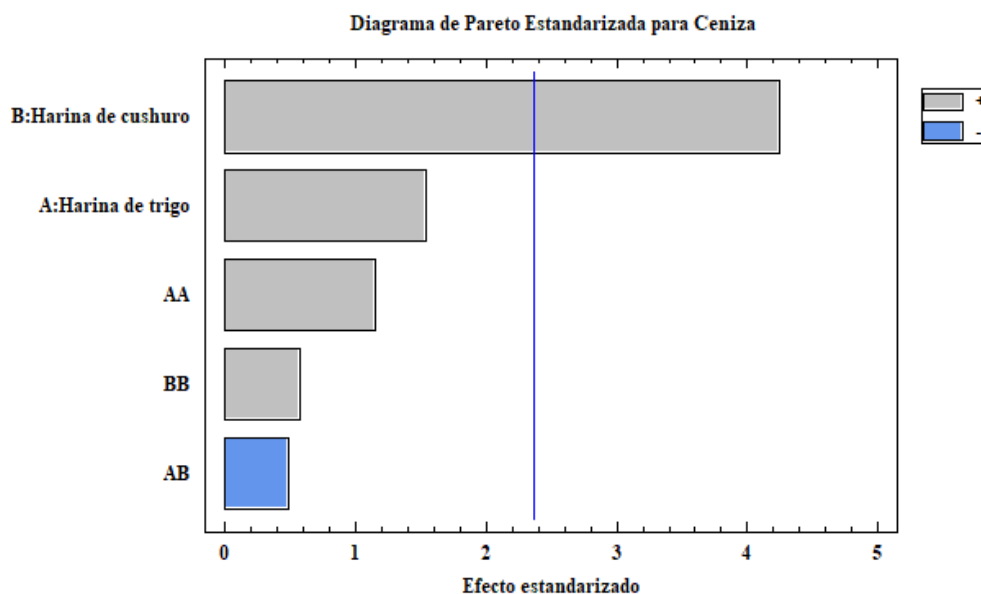


Figura 27: Diagrama de Pareto estandarizada para el % cenizas de las galletas.

En la Figura 28, se muestra la gráfica de los efectos principales sobre el contenido de cenizas, donde se observa un incremento progresivo de esta variable desde 1.79% hasta 2.41%, a conforme la proporción de harina de cushuro se eleva del 2% al 17%. En contraste, la variación en el contenido de harina de trigo no evidenció un impacto significativo en dicha respuesta, ya que el valor de cenizas permaneció prácticamente constante pese al aumento en su proporción.

Conforme a lo establecido por la RM N.º 1020-2010/MINSA (MINSA, 2010), el límite máximo permitido de cenizas en productos de panadería es de 3.0%. Al comparar este parámetro con los resultados obtenidos, se verifica que las formulaciones evaluadas cumplen con la normativa vigente, al presentar valores que oscilan entre 1.79% y 2.41%.

Los datos presentados en la Tabla 17 respaldan esta observación. Asimismo, estos resultados son similares al reporte por Carlos (2023), quien identificó en su estudio valores de ceniza inferiores al límite máximo en tres formulaciones diferentes. Las formulaciones I (2.52 %) y III (2.04 %) mostraron niveles superiores en comparación con la formulación II (1.86 %), posiblemente debido a una mayor proporción de harina de cushuro incorporada en su composición.

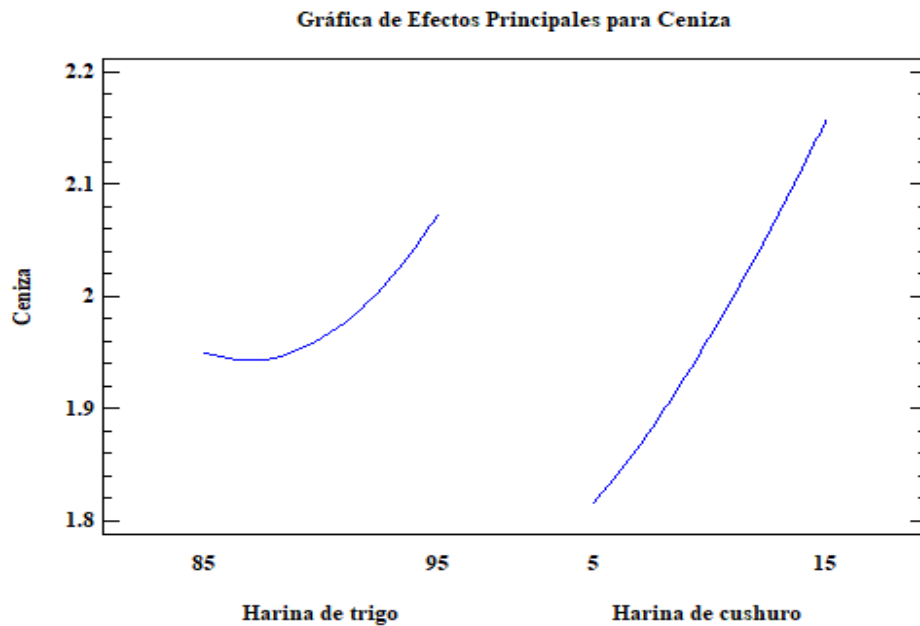


Figura 28: Grafica de efectos principales para él % cenizas de las galletas.

Se desarrolló un modelo con el propósito de evaluar el impacto de las proporciones de harina de trigo y de cushuro sobre el contenido de cenizas en las galletas. Para ello, se estimaron los coeficientes de regresión de cada factor en sus formas lineal, cuadrática y de interacción, lo cual permitió establecer una ecuación cuadrática de regresión que describe la variación del contenido de cenizas mediante un modelo de correlación múltiple:

$$\text{Ceniza} = 15.6935 - 0.333923*A + 0.113485*B + 0.00198497*A^2 - 0.0011*A*B + 0.000984975*B^2.$$

Este modelo matemático posibilita predecir el porcentaje de cenizas en función de las proporciones utilizadas de harina de trigo (A) y harina de cushuro (B). A partir de esta ecuación, se elaboraron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, ilustrados en las Figuras 29 y 30. Dichas gráficas muestran que, al incrementarse la proporción de harina de cushuro, también lo hace el contenido de cenizas, destacando el potencial de este ingrediente para mejorar el perfil nutricional del producto. Las zonas con mayor concentración de cenizas se identifican con tonalidades que van del amarillo al naranja, correspondientes a niveles altos de ambos componentes.

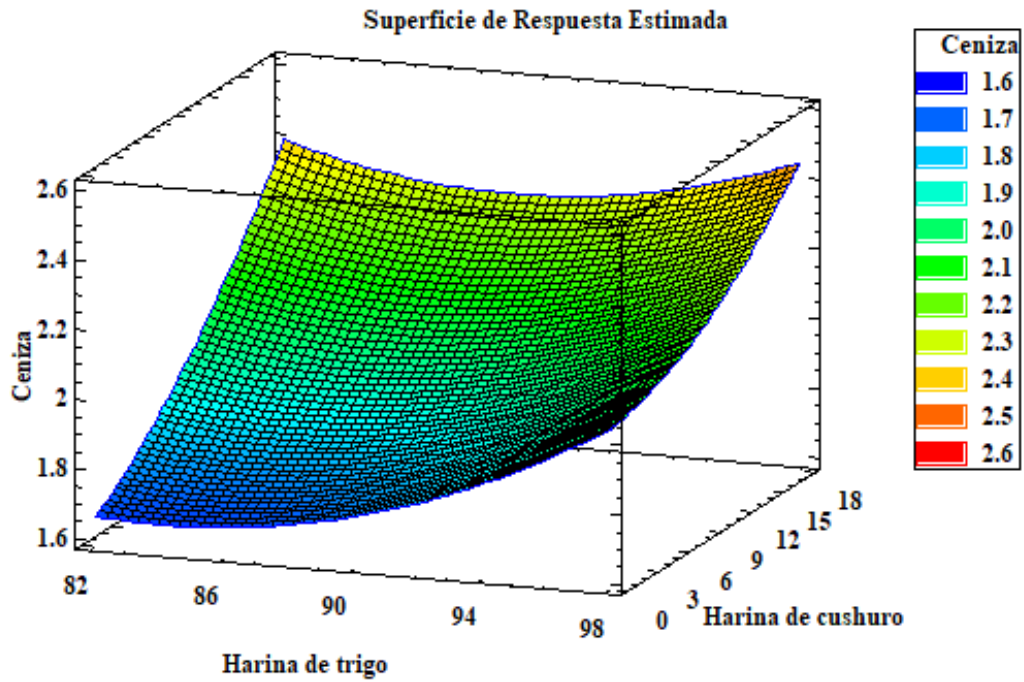


Figura 29: Grafica de Superficie de Respuesta para el contenido de cenizas en la galleta.

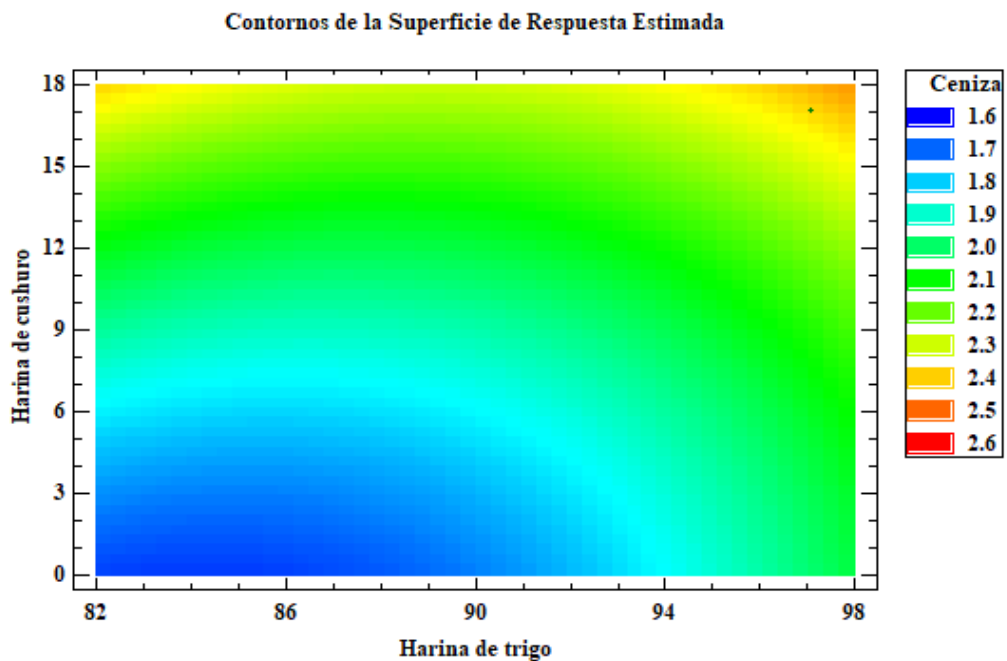


Figura 30: Grafica de contorno de superficie respuesta de cenizas de la galleta.

Optimización del contenido de ceniza en galletas enriquecidas con harina de cushuro.

En la Tabla 20, muestra la formulación óptima de la harina de trigo (97.0711 %) y harina de cushuro (17.0711 %) que maximiza el contenido de ceniza en las galletas, alcanzando un

valor estimado de 2.53%, según el modelo de optimización empleado. Esta formulación balanceada representa en el punto óptimo dentro de la región experimental evaluada.

Tabla 20: Niveles mínimo, máximo y óptimo de las harinas de trigo y cushuro.

<i>Factor</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Óptimo</i>
Harina de trigo %	82.9289	97.0711	97.0711
Harina de cushuro %	2.92893	17.0711	17.0711

En el Anexo 29, se presenta los resultados del análisis comparativo de medias, junto con el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba post hoc de Tukey, aplicados al contenido de cenizas en las formulaciones T0 (galleta control elaborada con 100% de harina de trigo) y T2 (galleta optimizada con 97.07% de harina de trigo y 17.07% de harina de cushuro). Los resultados muestran una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), lo que confirma que la incorporación de harina de cushuro tiene un efecto positivo sobre el contenido de cenizas del producto final.

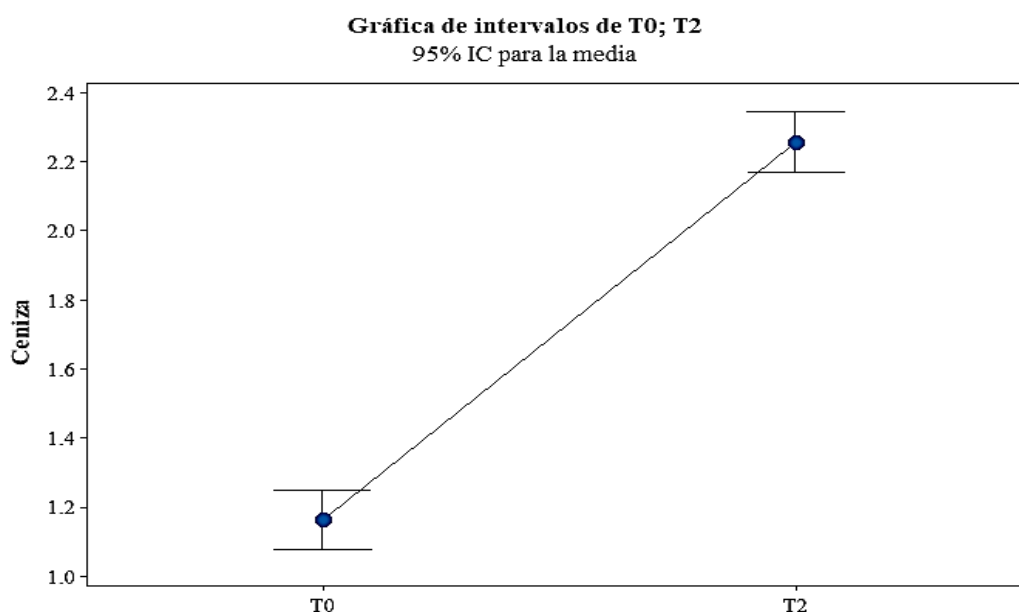


Figura 31: Gráfico de intervalo de Ceniza vs tratamientos en galletas.

En la Figura 31, presenta el gráfico de intervalos que muestra los valores de cenizas, donde se evidencia que el tratamiento T2, correspondiente a la formulación optimizada, alcanzó un valor más alto de humedad con un 2.26%, superando al tratamiento T0, que alcanzó un valor de 1.16%.

4.3. PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LAS GALLETAS CON MAYOR CONTENIDO DE PROTEÍNA Y HIERRO

La evaluación sensorial se efectuó mediante una prueba hedónica aplicada a 120 niños panelistas sin entrenamiento previo, utilizando una escala de 5 categorías nominales: “lo odié”, “no me gustó”, “indiferente”, “me gustó” y “me encantó”. Mediante esta metodología descriptiva, se valoraron los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia general en las distintas formulaciones de las galletas, así como en la muestra control. Para establecer el nivel de aceptación de cada tratamiento, se realizó un análisis estadístico utilizando la prueba no paramétrica de Friedman ($\alpha=0.05$), que evidenció diferencias significativas en la aceptación sensorial de las galletas elaboradas con harina de cushuro. El análisis incluyó los tratamientos T0, T2, T4 y T8, seleccionados entre un total de 13 formulaciones por su alto contenido de proteínas y hierro.

4.3.1. Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo color.

Los datos estadísticos de la percepción sensorial del color (Anexo 30) corresponden al análisis de galletas formuladas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro evaluadas mediante pruebas sensoriales estandarizadas.

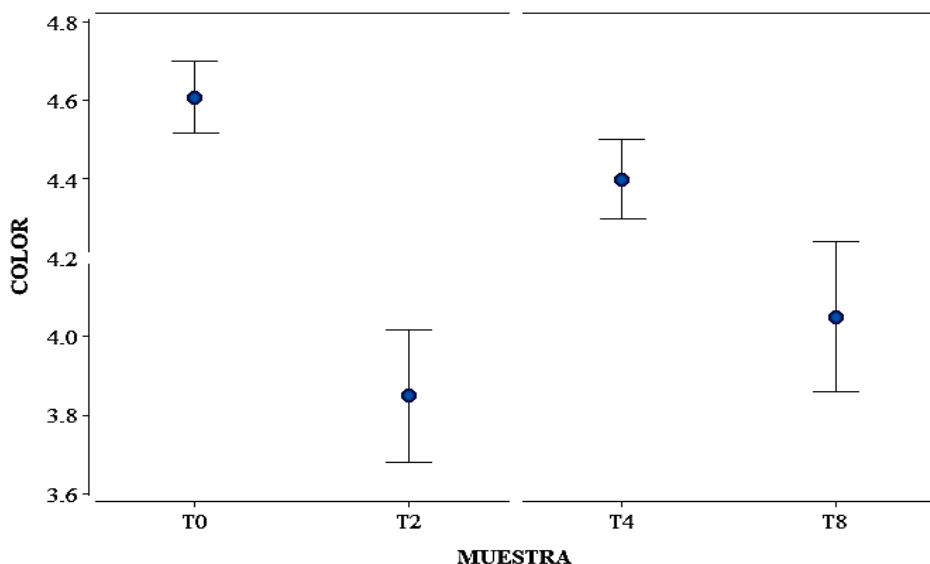


Figura 32: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Color”.

En la Figura 32, presenta los resultados del atributo sensorial color evaluado por el panel de jueces. El tratamiento control (T0), elaborado con harina de trigo (100 %), registro la mayor aceptación, con una puntuación promedio de 4.375. Le siguió el tratamiento T4 (15 % de harina de cushuro y 95 % de harina de trigo) con una media de 4.125, mientras que el

tratamiento T2 (15 % de harina de cushuro y 85 % de harina de trigo), registro la menor aceptación, con una media de 3.875. Estos resultados sugieren que la incorporación de cushuro en la formulación puede influir en la percepción visual del producto, posiblemente por su pigmentación característica. No obstante, al no registrarse medias inferiores a 3, se infiere que todas las formulaciones fueron valoradas positivamente en cuanto a su color. Según el análisis estadístico no paramétrico de Friedman, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Carlos (2023), empleó caramulina como aditivo para realzar el color de las galletas elaboradas con una sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro en una proporción de 85:15%, lo que permitió mejorar su apariencia visual y aumentar su aceptación sensorial. Según Vasques (1982), el color y en particular su uniformidad constituye un elemento crucial en la valoración del consumidor. Asimismo, las variaciones de tonalidad observadas en el cushuro se deben a la presencia de pigmentos naturales. La clorofila genera una tonalidad verde característico, mientras que la ficocianina, implicada en el proceso fotosintético, aporta una coloración azul (Sáenz y Valladares, 2021).

4.3.2. Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo olor.

Los datos estadísticos de la percepción sensorial del olor (Anexo 31) corresponden al análisis de galletas formuladas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro evaluadas mediante pruebas sensoriales estandarizadas.

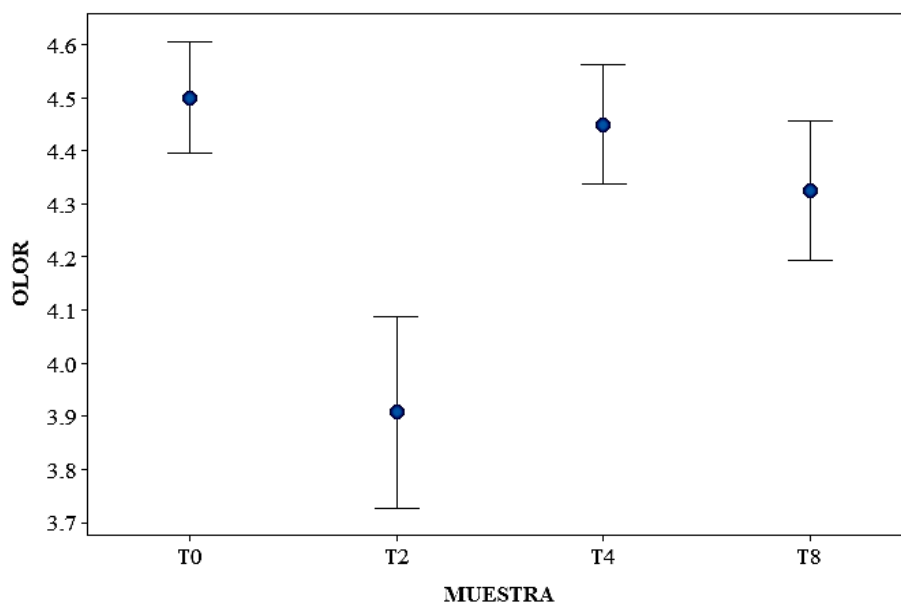


Figura 33: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Olor”.

En la Figura 33, presenta los resultados del atributo sensorial olor evaluado por el panel de jueces. Los datos revelan que la formulación compuesta en su totalidad por harina de trigo (100%) fue la más valorada, con una media de 4.50. El tratamiento T4, con una mezcla de 15% de harina de cushuro, también alcanzó una media de 4.50, seguido por el tratamiento T2, con la misma proporción de harina de cushuro, pero menor contenido de trigo (85%), que también alcanzo una puntuación promedio de 4.50. Pese a que los valores promedio son iguales, el análisis estadístico no paramétrico de Friedman indicó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Además, no se registraron puntuaciones medias inferiores a 3, lo que permite concluir que ninguno de los tratamientos fue percibido como desagradable en términos del atributo olor.

Cutipa (2022), la incorporación de harina de cushuro en productos alimentarios tiene un impacto notable en su aceptabilidad sensorial, observándose una menor aceptación a medida que aumenta su concentración. Por su parte, Espinosa (2007), señala que este se origina a partir de compuestos volátiles presentes en los alimentos, los cuales al ser liberados son percibidos por los receptores olfativos a través de las fosas nasales.

4.3.3. Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo sabor.

Los datos estadísticos de la percepción sensorial del sabor (Anexo 32) corresponden al análisis de galletas formuladas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro evaluadas mediante pruebas sensoriales estandarizadas.

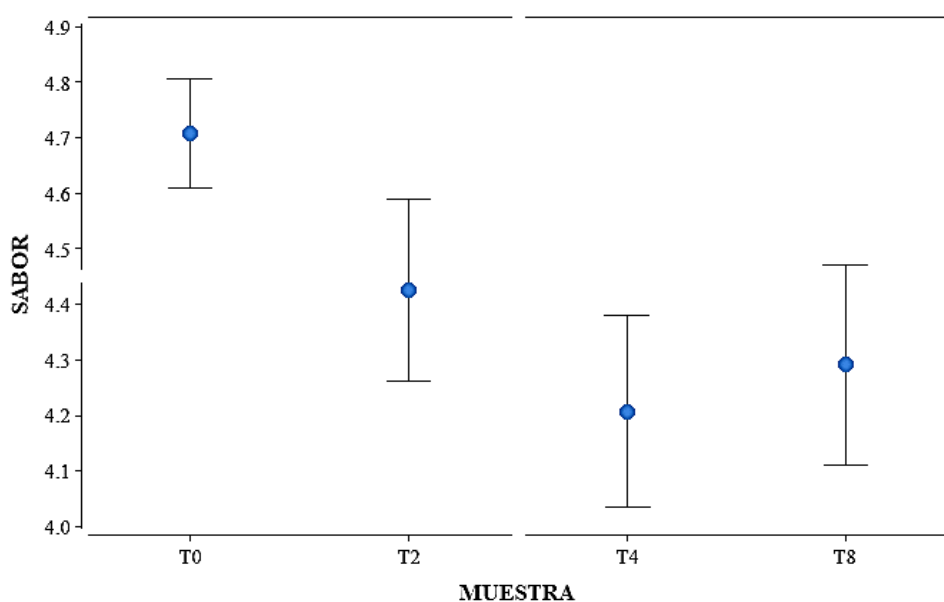


Figura 34: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Sabor”.

En la Figura 34, presenta los resultados del atributo sensorial sabor evaluado por el panel de jueces. Los datos muestran que la galleta formulada con harina de trigo (100%) y el tratamiento T2 (15:85) alcanzaron la máxima puntuación promedio 5.0, lo que indica una alta aceptación por parte del panel de jueces. Por otro lado, el tratamiento T4 (15:95) fue el menos valorado, aunque también alcanzó una media de 5.0. Además, señaló que ninguna formulación recibió puntuaciones inferiores a 3, lo que sugiere que todas fueron consideradas agradables en cuanto al sabor. Sin embargo, el análisis estadístico aplicado mediante la prueba no paramétrica de Friedman evidenció diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Dado que se trata de un producto de naturaleza dulce, la aceptabilidad del atributo sabor influye directamente en la disposición del consumidor a adquirirlo, posicionándose como un parámetro crucial para estimar su viabilidad en términos comerciales. Además, representa un factor estratégico en la evaluación del potencial competitivo de posicionamiento del producto dentro del mercado objetivo.

4.3.4. Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo textura.

Los datos estadísticos de la percepción sensorial de la textura (Anexo 33) corresponden al análisis de galletas formuladas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro evaluadas mediante pruebas sensoriales estandarizadas.

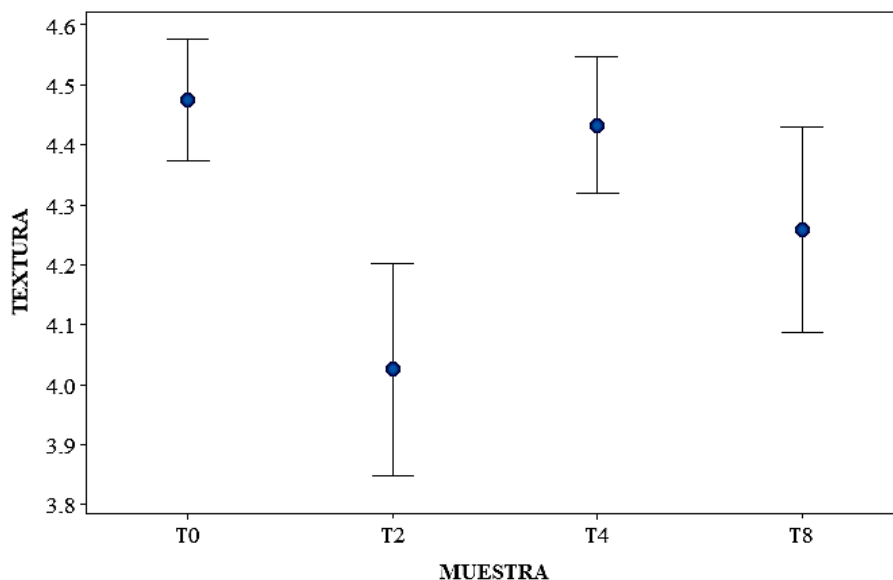


Figura 35: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Textura”.

En la Figura 35, presenta los resultados del atributo sensorial textura evaluado por el panel de jueces. Los resultados muestran que la formulación elaborada con harina de trigo (100%) obtuvo la puntuación promedio más alta (4.50), al igual que el tratamiento T4 (15:95). Por otro lado, el tratamiento T2 (15:85), también alcanzó una media de 4.50. A pesar de que todas las muestras comparten una misma puntuación promedio. Asimismo, el hecho de que ninguna de las formulaciones obtuvo valores inferiores a 3, lo que indica que todas fueron consideradas aceptables en cuanto a textura, el análisis estadístico efectuado mediante la prueba no paramétrica de Friedman reveló la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) lo cual evidencia que los jueces percibieron variaciones texturales relevantes más allá del valor numérico registrado.

Los resultados sugieren que el uso de harina de cushuro modificó parcialmente la textura de las galletas, generando una ligera pérdida en dureza y suavidad. Esta alteración se relaciona con la ausencia de gliadinas y gluteninas proteínas presentes en cereales como el trigo, la cebada o el centeno las cuales son responsables de proporcionar estructura y volumen a los productos de panificación (Asalde e Iparraguirre, 2023). Dado que la harina de cushuro no contiene estas proteínas, las galletas formuladas con este ingrediente tienden a presentar una menor cohesión estructural y tamaño reducido.

Según la investigación de Cutipa (2022), respalda esta observación al señalar que una menor proporción de harina de cushuro en la formulación se asocia con un mayor nivel de aceptabilidad, lo cual explicaría la menor preferencia por aquellas galletas con mayor contenido de cushuro, a pesar de su aporte nutricional en términos de hierro y proteínas.

4.3.5. Análisis estadístico de la percepción sensorial del atributo de la Apariencia general.

Los datos estadísticos de la percepción sensorial de la Apariencia General (Anexo 34) corresponden al análisis de galletas formuladas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro evaluadas mediante pruebas sensoriales estandarizadas.

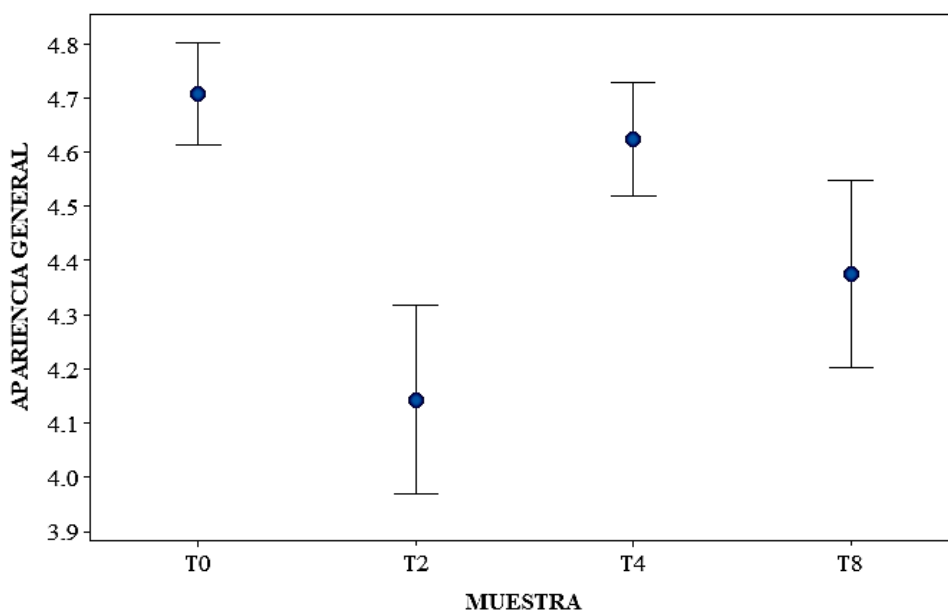


Figura 36: Gráfico de intervalos correspondiente al análisis sensorial del atributo “Apariencia general”.

En la Figura 36, presenta los resultados del atributo sensorial apariencia general evaluado por el panel de jueces. Los resultados muestran que la galleta elaborada con harina de trigo (100%) obtuvo la mayor aceptación, con una media de 5.0. De forma similar, los tratamientos T4 y T2 alcanzaron un promedio de 5.0. Asimismo, el hecho de que ninguna de las formulaciones obtuvo valores inferiores a 3, lo que indica que todas fueron consideradas aceptables. No obstante, el análisis estadístico mediante la prueba no paramétrica de Friedman evidenció diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), lo que sugiere que los jueces identificaron variaciones perceptibles en la apariencia general entre las muestras evaluadas.

De acuerdo con Aedo (2023), para la elaboración de una galleta, se empleó un 18.75% de harina de cushuro, obteniendo un producto con buena aceptación por parte de los jurados no entrenados. El porcentaje recomendado para su uso es del 15%, utilizando harina de cushuro endulzada con stevia, ya que con esta proporción el producto final obtuvo una alta calificación en la evaluación sensorial.

Leiva y Sulluchuco (2018), señalan que el cushuro tiene una aceptabilidad del 69% en preparaciones saladas, mientras que en preparaciones dulces su aceptación alcanza el 89%. Esto coincide con nuestro estudio, en el que se utiliza el cushuro en una galleta de la preparación dulce, lo que sugiere, según lo mencionado por el autor tendrá una buena aceptación. La aceptación por parte de los panelistas está relacionada tanto con la calidad

del producto, como con el nivel de agrado que genera la harina empleada. Un mayor grado de sustitución puede favorecer la aceptación del producto final, aunque determinados componentes pueden intensificar atributos como el aroma, dulzor y sabor, lo cual no siempre resulta beneficiosos desde el punto de vista sensorial (Quispe y Manyari, 2012).

4.4. DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL DE LAS GALLETAS CON MAYOR GRADO DE SATISFACCIÓN MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS.

4.4.1. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN GALLETAS CON CUSHURO DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

Dado que las galletas son productos perecederos, deben ser almacenadas en condiciones que favorezcan la aceleración de los procesos cinéticos, incrementando la temperatura y la humedad relativa. El modelo de Arrhenius establece una relación entre las variaciones de temperatura y la velocidad de deterioro de una reacción, sugiriendo que, en condiciones normales de almacenamiento, el proceso de deterioro tomaría más tiempo.

En el presente estudio, las galletas de cushuro edulcoradas con stevia y la galleta control fueron sometidas a condiciones de almacenamiento críticas. Las muestras se mantuvieron en estufas a temperaturas de 30 y 40°C, con una humedad relativa del 85%, con el objetivo de evaluar la ganancia de humedad (% humedad), el grado de acidez (% acidez) y el índice de peróxido, que son factores críticos para este tipo de productos. Las mediciones se realizaron en los días 0, 7, 14, 21 y 28 para ambas temperaturas, y los resultados se presentan en las figuras correspondientes.

Determinación de orden cero y primer orden de reacción por método mínimos y cuadrado.

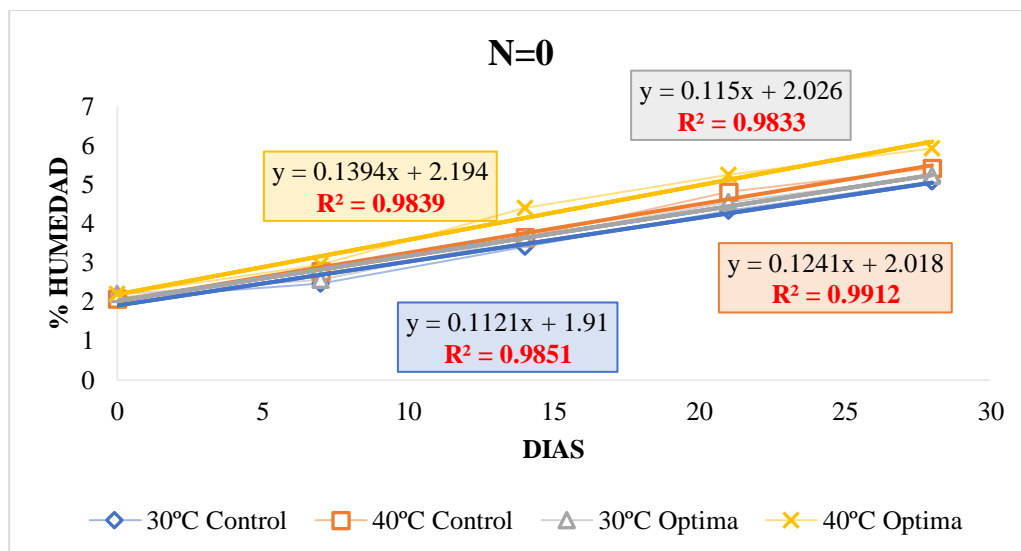


Figura 37: Cinética de Orden cero correspondiente a la variación de % humedad en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.

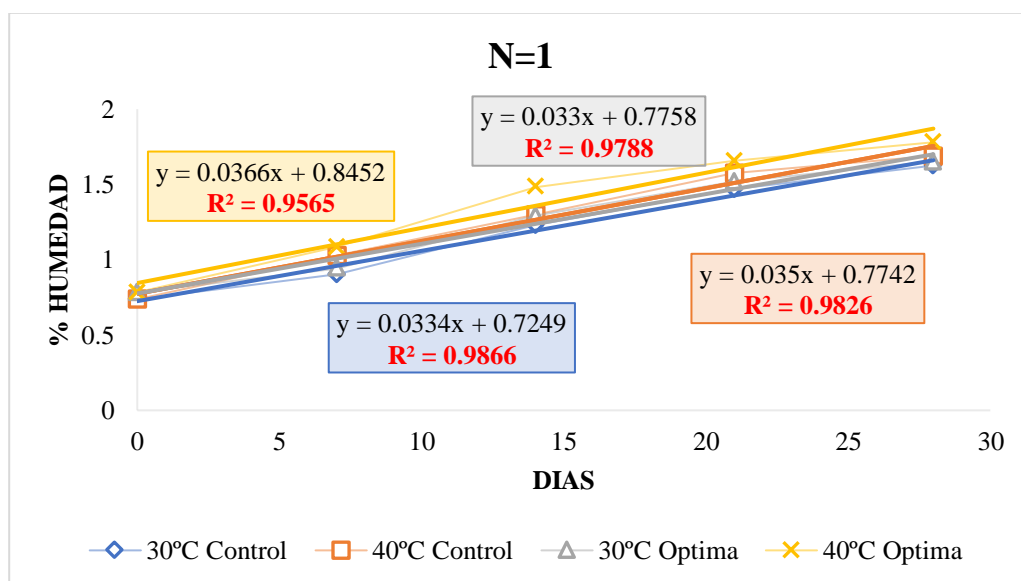


Figura 38: Cinética de primer orden correspondiente a la variación de % humedad en la galleta en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.

En las Figuras 37 y 38, muestran la evolución del contenido de humedad en las galletas formuladas, modelada bajo cinética de orden cero y primer orden, respectivamente. Los datos corresponden al comportamiento observado durante el periodo de almacenamiento a temperaturas controladas de 30 °C y 40 °C. Se evidenció una tendencia ascendente en el contenido de humedad a lo largo del tiempo, lo que refleja el impacto de las condiciones térmicas sobre los mecanismos de absorción o migración de humedad en el producto.

Tabla 21: Coeficientes de correlación empleados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema.

Prueba fisicoquímica (Humedad)	Temperatura	R^2	
		Orden cero	Orden uno
CONTROL	30	0.9851	0.9866
	40	0.9912	0.9826
OPTIMA	30	0.9833	0.9565
	40	0.9839	0.9788

En la Tabla 21, presenta los coeficientes de determinación (R^2) correspondientes al contenido de humedad bajo condiciones térmicas de 30 °C y 40 °C. Los resultados obtenidos evidencian que el modelo cinético de orden cero presentó un mejor ajuste a los datos experimentales en comparación con el modelo de primer orden al exhibir coeficientes R^2 más elevados.

Ecuación de Arrhenius

Tabla 22: Constante de velocidad de incremento del porcentaje de humedad (k) en las galletas, determinadas a temperaturas 30 y 40°C.

GALLETA	T (°C)	T (°K)	k (g H ₂ O/g galleta. Dia)	1/T (1/°K)	Lnk
CONTROL	30	303	0.1121	0.00330033	-2.18836395
	40	313	0.1241	0.00319489	-2.08666759
OPTIMA	30	303	0.1150	0.00330033	-2.16282315
	40	313	0.1394	0.00319489	-1.97040778

En Tabla 22, presenta los valores correspondientes a la inversa de la temperatura (en Kelvin), obtenida a partir de su conversión desde grados Celsius, junto con los valores del logaritmo natural de la constante de velocidad (Ln K). Con el fin de estimar los parámetros de la ecuación de Arrhenius (E_a/R y K_0), se realizó la linealización de la ecuación mediante la aplicación del logaritmo. Posteriormente, se tabularon los valores de Ln K en función 1/T (en Kelvin) para la humedad, como se observa en las figuras correspondientes.

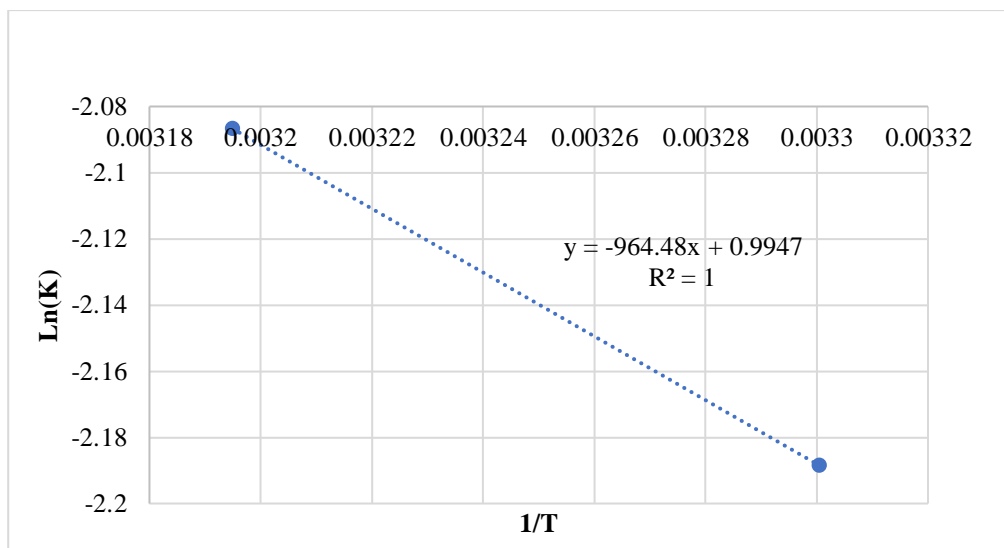


Figura 39: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad Ln(k) y la inversa de la temperatura (1/T) para el % Humedad en la muestra control.

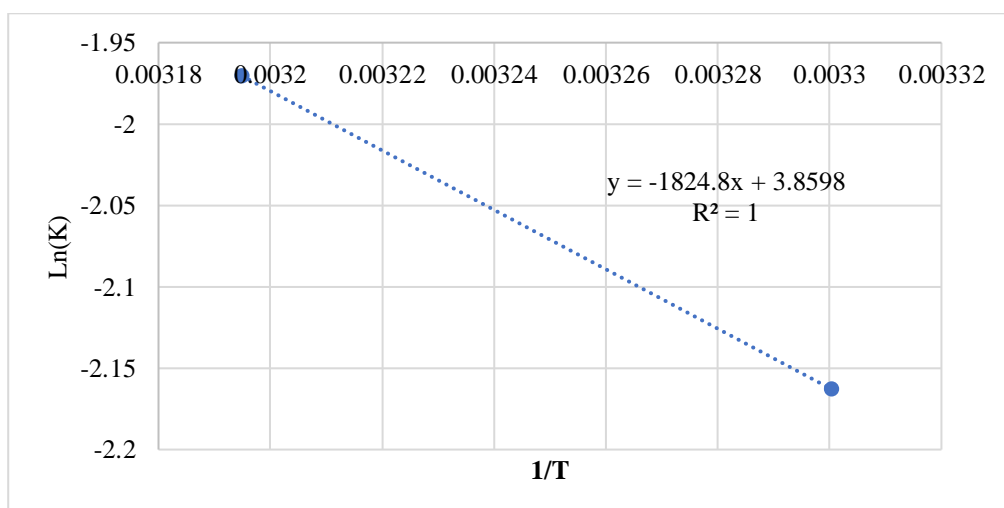


Figura 40: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad Ln(k) y la inversa de la temperatura (1/T) para el % Humedad en la muestra optima.

En las Figuras 39 y 40, presentan las regresiones lineales establecidos entre el logaritmo natural de la constante de velocidad (Ln(k)) y el tiempo de almacenamiento. A partir de las cuales se obtuvieron las constantes representadas por las pendientes correspondientes a las dos temperaturas analizadas. Con base en estos datos, se aplicó el modelo de Arrhenius, considerando una cinética de reacción de orden cero para describir el comportamiento de ganancia de humedad en las galletas.

Resultados obtenidos para la energía de Activación (Ea) correspondientes al proceso de ganancia de humedad.

Tabla 23: Valor del parámetro asociado a la energía de activación Ea/R en el proceso de absorción de humedad en las galletas.

GALLETAS	R (J/mol)	Ea (J/mol)	Ea (KJ/mol)	Ea/R
CONTROL	8.314	8018.68672	8.01868672	964.48
OPTIMA	8.314	15171.3872	15.1713872	1824.8

En la Tabla 23, muestra los valores de energía de activación (Ea) obtenidos a partir del análisis cinético de ganancia de humedad en las galletas formuladas. Dichos valores, calculados en función de la variación del contenido de humedad, oscilan entre 8.02 kJ/mol y 15.17 kJ/mol, evidenciando una menor resistencia al deterioro térmico en comparación con las galletas tipo soda evaluadas por Puma *et al.* (2018), cuyo Ea alcanzó los 31.39 kJ/mol. De acuerdo con Braulio (2020), al proyectar la vida útil de un alimento, se considera más representativo el tratamiento con menor energía de activación, ya que este parámetro sugiere una mayor sensibilidad del alimento frente a las condiciones térmicas del almacenamiento. Esta susceptibilidad puede incidir directamente en el comportamiento higroscópico del producto, acelerando el proceso de deterioro bajo escenarios críticos.

Cálculo de vida útil

Tabla 24: Tiempo de vida útil θ de las galletas elaboradas con harina de cushuro, considerando los parámetros cinéticos y las condiciones de almacenamiento evaluado.

GALLETA	T	C_0	C_f	k	θ (días)	θ (meses)
CONTROL	30	2.19	12	0.1121	88	2.9
	40	2.19	12	0.1241	80	2.7
OPTIMA	30	2.09	12	0.1150	85	2.8
	40	2.09	12	0.1394	70	2.3

Nota: θ =vida útil, C_0 =valor inicial del índice de calidad, C_f =valor umbral de aceptación para dicho índice.

En la Tabla 24, presenta los valores obtenidos mediante la aplicación del modelo cinético de degradación de orden cero, utilizado para estimar la vida útil de las galletas bajo condiciones

de almacenamiento acelerado a 30 °C y 40 °C. Los resultados indican que la galleta control alcanzó una vida útil de 2.9 y 2.7 meses, respectivamente, mientras que la formulación óptima mostró valores de 2.8 y 2.3 meses en las mismas condiciones térmicas. Estos datos se contrastan con los reportados por Carrasco y Sánchez (2019), quienes determinaron una vida útil de 60 días en galletas elaboradas con 15 % de harina de coronta de maíz morado y 85 % de harina de trigo. De manera similar, el estudio desarrollado por Arista y Ramírez (2018), evaluaron una formulación compuesta por 75 % de harina de trigo, 15 % de harina de quinua, 10 % de harina de chía y 287 mg de glicerol, logrando mantener la calidad del producto por 88 días bajo condiciones de 25 °C y 80–90 % de humedad relativa, siendo este análisis enfocado en el incremento del contenido de humedad. En ese estudio, se evidenció mayor estabilidad a 30 °C respecto a 40 °C mostraron vidas útiles estimadas de 85 y 70 días, respectivamente. Esta diferencia se atribuye al aumento progresivo del contenido de humedad, el cual pasó de un valor inicial de 2.19 % a 5.93 % en 28, reduciendo así la vida útil del producto.

Según Puma *et al.* (2018), este efecto se intensifica en alimentos con humedad baja o intermedia como las galletas, dado que la actividad de agua (A_w) tiende a incrementarse a temperaturas superiores a 30 °C. Por su parte, Ortiz (2019), empleó el contenido de humedad como parámetro crítico para determinar la vida útil de galletas con sustitución parcial de moringa, estableciendo un límite máximo del 10 % según la norma INEN 2085. En su análisis, también basado en un modelo cinético de orden cero, se estimaron vidas útiles de 2, 3 y 1.3 meses para temperaturas de almacenamiento de 20, 30 y 40 °C, respectivamente, proyectando una conservación total de hasta 153 días. En relación con las formulaciones elaboradas con harina de cushuro, los resultados obtenidos para el contenido de humedad se mantuvieron dentro de los límites establecidos por las normativas vigentes. De acuerdo con la “Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería – RM 1020-2010/MINSA” y las “Fichas Técnicas de Alimentos del Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma”, el valor máximo permitido de humedad en galletas elaboradas con harinas de cereales es de 12%. En consecuencia, las galletas evaluadas cumplieron con los parámetros establecidos en dichas normativas técnicas. Asimismo, el tipo de material de empaque constituye un factor clave en la conservación del producto. En este estudio, se utilizaron envases flexibles tipo BOPP, en presentaciones monocapa o laminadas, que incorporan una lámina de aluminio adherida mediante extrusión a polímeros como el polietileno de baja densidad (PEBD) u otros

materiales compatibles, garantizando un cierre hermético y contribuyendo así a la estabilidad del producto durante el almacenamiento Montoya (2016).

La evaluación del comportamiento del producto durante su almacenamiento requiere mantenerlo bajo condiciones controladas durante un periodo previamente establecido. Esta práctica permite monitorear variaciones en propiedades fisicoquímicas clave, como la humedad, la cual representa un factor decisivo en la determinación de la vida útil de alimentos almacenados en condiciones de anaquel (Raymundo y Romani, 2016).

4.4.2. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ EN GALLETAS CON CUSHURO DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

Durante el periodo de almacenamiento de 28 días a temperaturas de 30 °C y 40 °C, se evaluó el comportamiento del porcentaje de acidez en las galletas formuladas con cushuro. Las figuras correspondientes muestran diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de acidez registrados en las distintas muestras, lo cual evidencia el efecto de la temperatura sobre la evolución de este parámetro fisicoquímico.

Determinación de orden cero y primer orden de reacción por método mínimos y cuadrado.

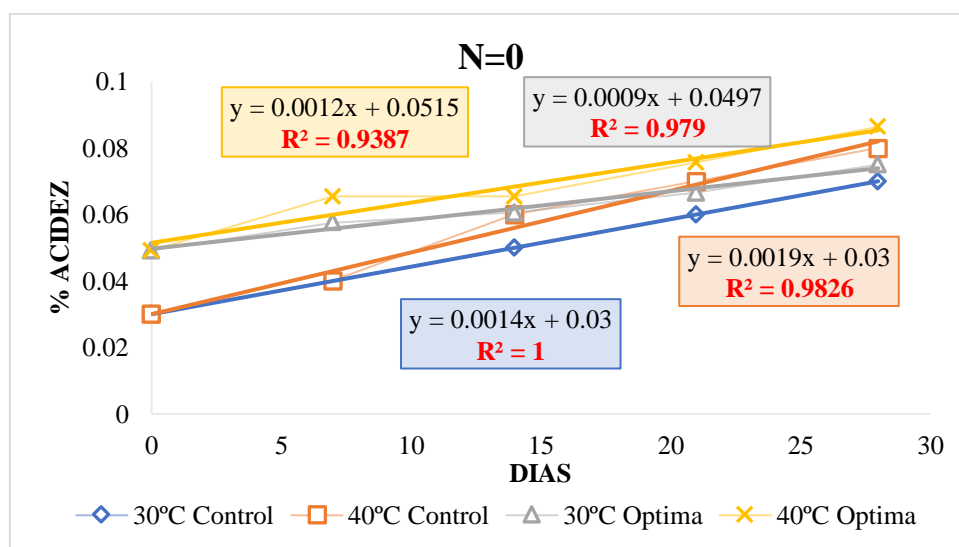


Figura 41: Cinética de Orden cero correspondiente a la variación de % acidez en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y óptima.

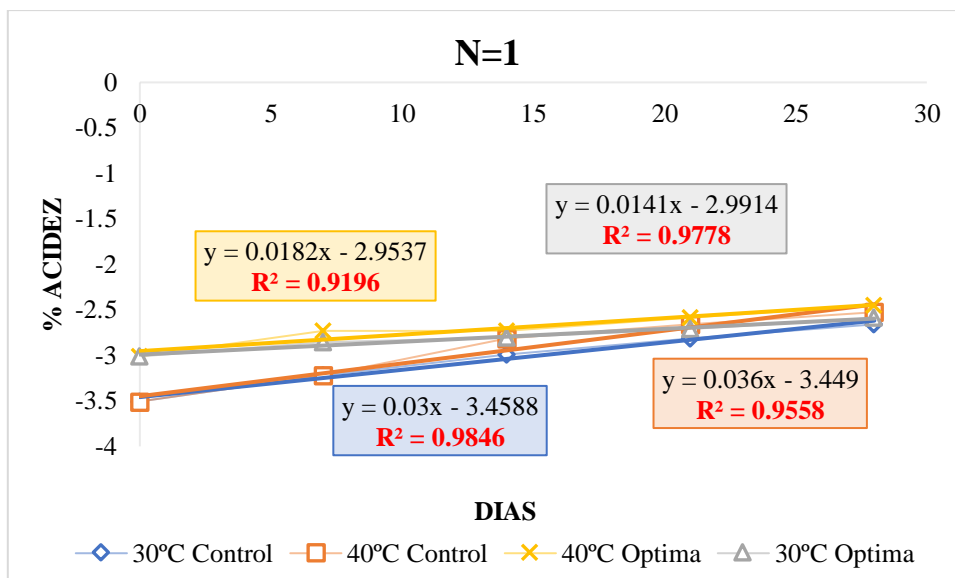


Figura 42: Cinética del primer orden correspondiente a la variación de % acidez en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima

En las Figuras 41 y 42, muestran la evolución del contenido de humedad en las galletas formuladas, modelada bajo cinética de orden cero y primer orden, respectivamente. Los datos corresponden al comportamiento observado durante el periodo de almacenamiento a temperaturas controladas de 30 °C y 40 °C. Se aprecia un incremento sostenido en los niveles de acidez conforme avanza el tiempo, evidenciando una tendencia ascendente influenciada por la acción de la temperatura sobre la velocidad de las reacciones fisicoquímicas.

Tabla 25: Coeficientes de correlación empleados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema.

Prueba fisicoquímica (Acidez)	Temperatura	R²	
		Orden cero	Orden uno
CONTROL	30	1	0.9846
	40	0.9826	0.9558
OPTIMA	30	0.979	0.9788
	40	0.9387	0.9196

En la Tabla 25, presenta los coeficientes de determinación (R²) correspondientes al contenido de acidez bajo condiciones térmicas de 30 °C y 40 °C. Los resultados obtenidos evidencian que el modelo cinético de orden cero presentó un mejor ajuste a los datos

experimentales en comparación con el modelo de primer orden al exhibir coeficientes R^2 más elevados.

Ecuación de Arrhenius

Tabla 26: Constante de velocidad de incremento del porcentaje de acidez (k) en las galletas, determinadas a temperaturas 30 y 40°C.

GALLETA	T (°C)	T (°K)	k (g H ₂ O/g galleta. Dia)	1/T (1/°K)	Lnk
CONTROL	30	303	0.0014	0.00330033	-6.57128304
	40	313	0.0019	0.00319489	-6.26590139
OPTIMA	30	303	0.0009	0.00330033	-7.013115795
	40	313	0.0012	0.00319489	-6.725433722

En la Tabla 26, presenta los valores correspondientes a la inversa de la temperatura (en Kelvin), obtenida a partir de su conversión desde grados Celsius, junto con los valores del logaritmo natural de la constante de velocidad (Ln K). Con el fin de estimar los parámetros de la ecuación de Arrhenius (E_a/R y K_0), se procedió la linealización de dicha ecuación mediante la aplicación del logaritmo. Posteriormente, se tabularon los valores de Ln K en función 1/T (en Kelvin) para la acidez, como se observa en las figuras correspondientes.

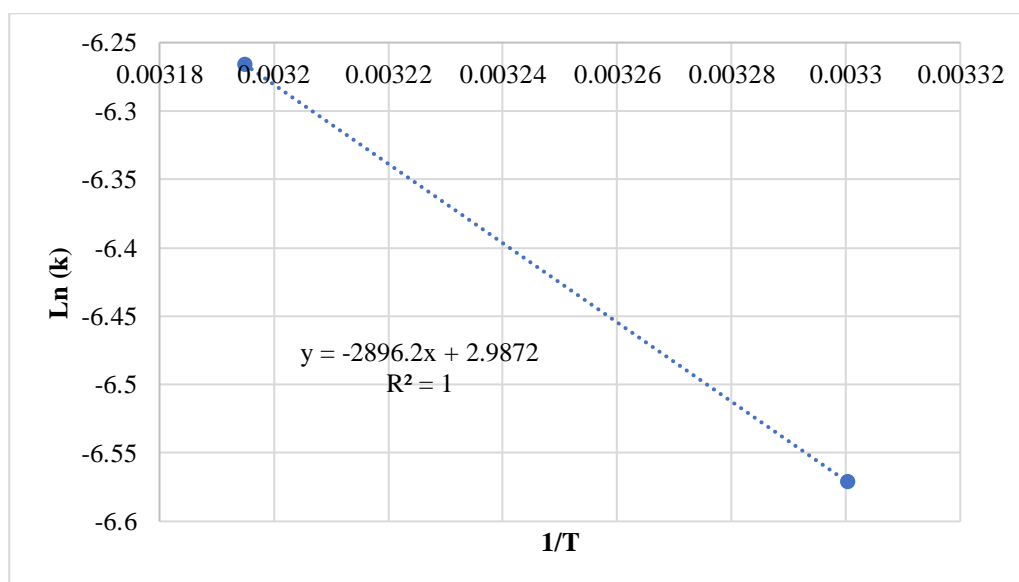


Figura 43: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad Ln(k) y la inversa de la temperatura (1/T) para el % Acidez en la muestra control.

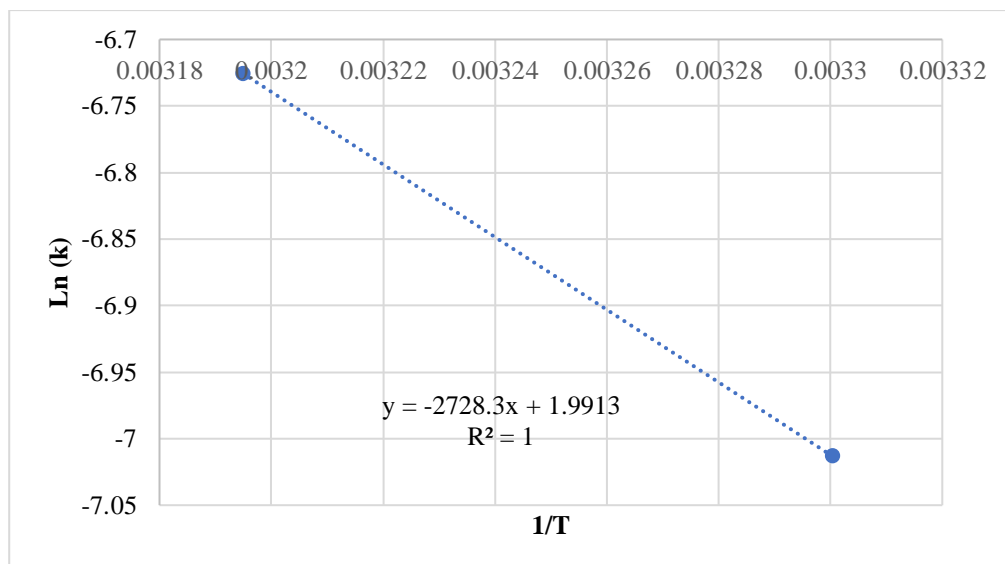


Figura 44: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad Ln(k) y la inversa de la temperatura (1/T) para el % Acidez en la muestra óptima.

En las Figuras 43 y 44, muestran las regresiones lineales trazadas entre el logaritmo natural de la constante de velocidad Ln(K) y el tiempo de almacenamiento, correspondientes a las temperaturas. Las pendientes de dicha recta representan las constantes cinéticas obtenidas para cada condición térmica. A partir de estos valores, se aplicó el modelo de Arrhenius bajo una cinética de reacción de orden cero, lo que facilitó el cálculo de la energía de activación asociada al incremento de acidez en las galletas durante el almacenamiento acelerado.

Resultados obtenidos para la energía de Activación (Ea) correspondientes al proceso de ganancia de acidez.

Tabla 27: Valor del parámetro asociado a la energía de activación Ea/R en el proceso de absorción de la acidez en las galletas.

GALLETAS	R (J/mol)	Ea (J/mol)	Ea (KJ/mol)	Ea/R
CONTROL	8.314	24079.0068	24.0790068	2896.2
OPTIMA	8.314	22683.0862	22.6830862	2728.3

En la Tabla 27, muestra los valores de energía de activación (Ea) estimados a partir del análisis cinético del porcentaje de acidez en las galletas almacenadas a temperatura de 30 °C y 40 °C. Los datos evidencian que la temperatura ejerce una influencia directa sobre la constante de velocidad de reacción, con valores de Ea comprendidos entre 22.68 a

24.08 kJ/mol. Asimismo, el cociente E_a/R alcanzó un valor de 2728.3, conforme al modelo cinético de orden cero empleados en este estudio.

Cálculo de vida útil

Tabla 28: Tiempo de vida útil θ de las galletas elaboradas con harina de cushuro, considerando los parámetros cinéticos y las condiciones de almacenamiento evaluado.

GALLETA	T	C_0	C_f	k	θ (días)	θ (meses)
CONTROL	30	0.03	0.1	0.0014	57	1.9
	40	0.03	0.1	0.0019	42	1.4
OPTIMA	30	0.05	0.1	0.0009	55	1.8
	40	0.05	0.1	0.0012	41	1.3

Nota: θ =vida útil, C_0 =valor inicial del índice de calidad, C_f =valor umbral de aceptación para dicho índice.

En la Tabla 28, muestra los resultados obtenidos tras aplicar el modelo cinético de degradación de orden cero, el cual permitió estimar la vida útil de las galletas bajo condiciones de almacenamiento a 30 °C y 40 °C. Los datos revelan que la muestra control presentó una vida útil estimada de 1.9 y 1.4 meses, respectivamente, mientras que la formulación óptima alcanzó una duración estimada de 1.8 y 1.3 meses bajo las mismas condiciones térmicas.

Según lo dispuesto en la “Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería” (R.M. N°1020-2010/MINSA, 2011), el contenido máximo de acidez permitido es de 0.10 %, expresado en ácido láctico. En este sentido, las galletas elaboradas con harina de cushuro mantuvieron niveles de acidez dentro del rango permitido, lo que respalda su cumplimiento con los criterios de calidad sanitaria.

Según Sandoval (2020) reportó que, durante 31 días de almacenamiento, las galletas óptimas evaluadas mantuvieron niveles de acidez por debajo del valor permitido, lo que permitió proyectar una vida útil de 32 días bajo condiciones ambientales y envasado en bolsas de polipropileno metalizado. De manera similar, Soto (2018) reportó incrementos graduales de acidez en galletas formuladas con 30 % de hojuela de avena, 10 % de harina de linaza y 60 % de harina de trigo, los niveles de acidez aumentaron progresivamente de 0.01 % a los 10 y 20 días, hasta alcanzar 0.07 % a los 40 y 60 días de almacenamiento.

Salvatierra y Azorca (2017), reportaron que, tras un período de almacenamiento de 30 días a 25 °C, las galletas presentaron un incremento en los niveles de acidez, alcanzando valores de 0,197 en las muestras control y 0,113 en las formulaciones óptimas. Este aumento podría estar asociado a reacciones químicas como la oxidación lipídica o procesos fermentativos. El menor valor de acidez registrado en las galletas óptimas sugiere una mejor formulación o mayor capacidad de resistencia frente a estos mecanismos de deterioro. En este sentido, Guardia (2006), señala que la acidez suele incrementarse durante el almacenamiento de productos horneados debido a reacciones fisicoquímicas inherentes a su naturaleza.

4.4.3. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE INDICE DE PERÓXIDO EN GALLETAS CON CUSHURO DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

El índice de peróxidos (IP) fue seleccionado como variable de respuesta por su importancia en productos de panificación, considerando su contenido graso. Durante el almacenamiento a 30 °C y 40 °C, se evidenció que el incremento de la temperatura propicia una aceleración en el aumento del IP en todas las formulaciones analizadas. Este comportamiento sugiere una mayor velocidad de degradación lipídica a temperaturas elevadas, favoreciendo los procesos de oxidación y, por ende, intensificando la rancidez.

Determinación de orden cero y primer orden de la reacción por método mínimos y cuadrado.

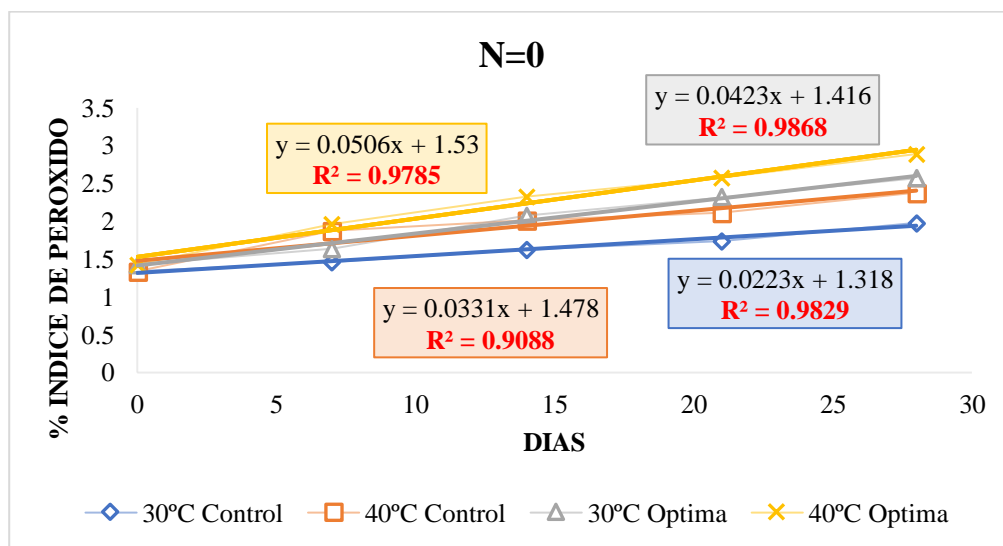


Figura 45: Cinética de Orden cero correspondiente a la variación de % IP en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.

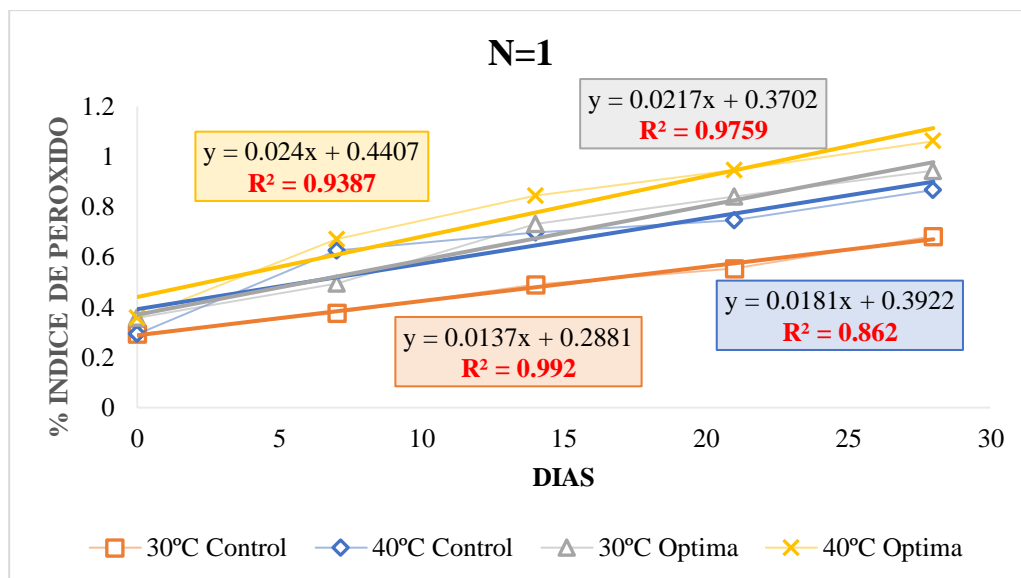


Figura 46: Cinética de primer orden correspondiente a la variación de % IP en las galletas en función del tiempo (días) y las temperaturas aplicadas en las galletas control y optima.

En las Figuras 45 y 46, presentan las curvas cinéticas de los modelos reacción de orden cero y primer orden, correspondientes al comportamiento del índice de peróxidos en función del tiempo de almacenamiento a 30 °C y 40 °C. Se evidencia un aumento continuo en dicho índice conforme avanza el tiempo, lo que refleja una tendencia ascendente vinculado al efecto acelerante de la temperatura sobre los procesos de oxidación.

Tabla 29: Coeficientes de correlación empleados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema.

Prueba fisicoquímica (% Índice de Peróxido)	Temperatura	R^2	
		Orden cero	Orden uno
CONTROL	30	0.9829	0.9920
	40	0.9088	0.8620
OPTIMA	30	0.9868	0.9759
	40	0.9785	0.9387

En la Tabla 29, presenta los coeficientes de determinación (R^2) correspondientes al índice de peróxido a 30 °C y 40 °C. Los resultados obtenidos evidencian que el modelo cinético de orden cero presentó un mejor ajuste a los datos experimentales en comparación con el modelo de primer orden al exhibir coeficientes R^2 más elevados.

Ecuación de Arrhenius

Tabla 30: *Constante de velocidad de incremento del porcentaje de índice de peróxido (k) en las galletas, determinadas a temperaturas 30 y 40°C.*

GALLETA	T (°C)	T (°K)	k (g H ₂ O/g galleta. Dia)	1/T (1/°K)	Ln(k)
CONTROL	30	303	0.0223	0.00330033	-3.8031686
	40	313	0.0331	0.00319489	-3.408222
OPTIMA	30	303	0.0423	0.00330033	-3.1629681
	40	313	0.0506	0.00319489	-2.9838037

En la Tabla 30, presenta los valores correspondientes a la inversa de la temperatura (en Kelvin), obtenida a partir de su conversión desde grados Celsius, junto con los valores del logaritmo natural de la constante de velocidad (Ln K). con el fin de estimar los parámetros de la ecuación de Arrhenius (E_a/R y K_0), se procedió a la linealización de dicha ecuación mediante la aplicación del logaritmo. Posteriormente, se tabularon los valores de Ln K en función 1/T (en Kelvin) para el índice de peróxido, como se observa en las figuras correspondientes.

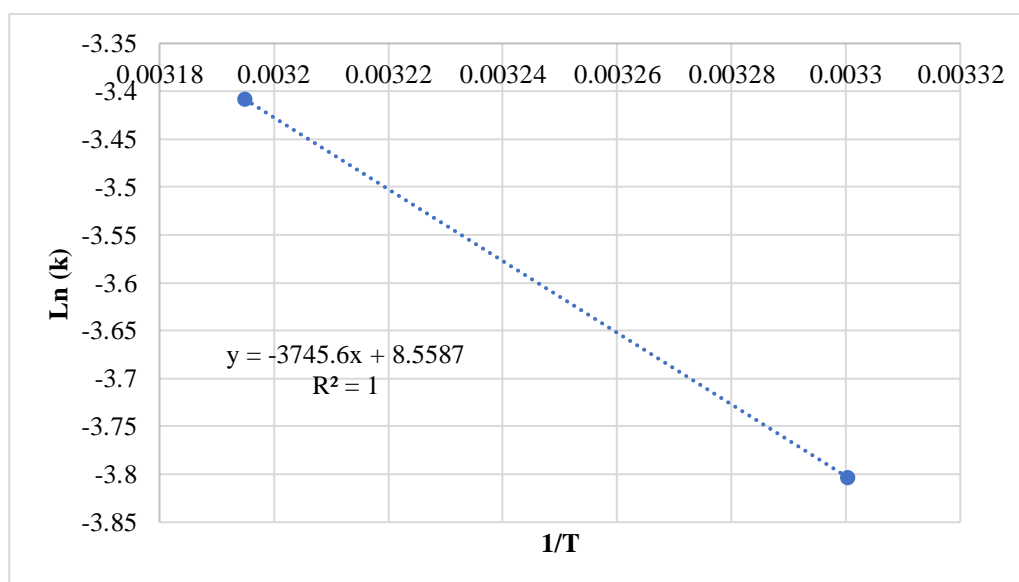


Figura 47: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad Ln(k) y la inversa de la temperatura (1/T) para el % IP en la muestra control.

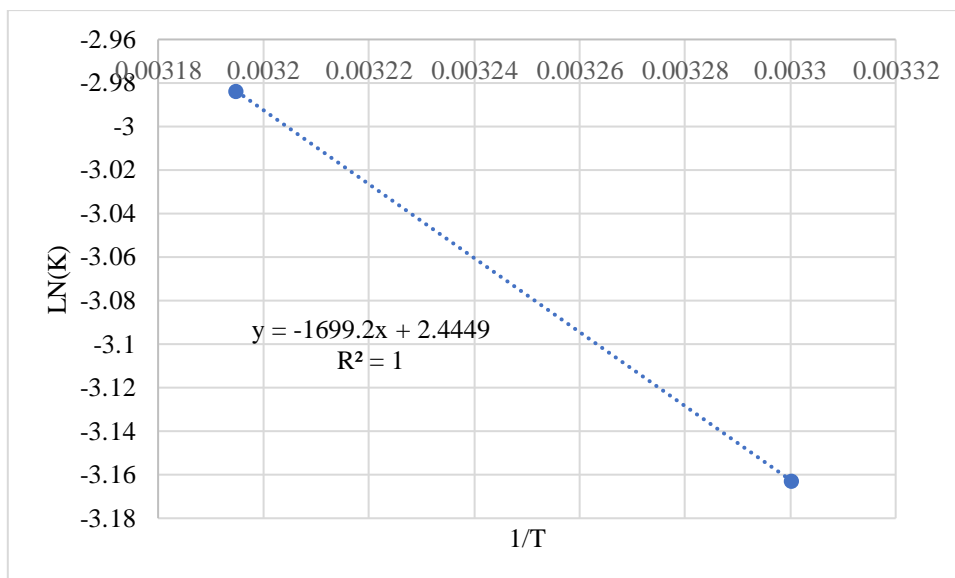


Figura 48: La relación entre el logaritmo natural de la constante de velocidad Ln(k) y la inversa de la temperatura (1/T) para el % IP en la muestra optima.

En las Figuras 47 y 48, muestran los análisis de regresión lineal entre el logaritmo natural de la constante de velocidad Ln(K) y el tiempo de almacenamiento, a partir de las cuales se determinaron las constantes respectivas. Estas fueron representadas por las pendientes obtenidas para las dos temperaturas analizadas. En base a estos resultados, se aplicó el modelo de Arrhenius, considerando una cinética de reacción de orden cero.

Resultados obtenidos para la energía de Activación (Ea) correspondientes al proceso de ganancia de índice de peróxido.

Tabla 31: Valor del parámetro asociado a la energía de activación Ea/R en el proceso de absorción del IP en las galletas.

GALLETAS	R (J/mol)	Ea (J/mol)	Ea (KJ/mol)	Ea/R
CONTROL	8.314	31140.9184	31.1409184	3745.6
OPTIMA	8.314	14126.9668	14.1269668	1699.2

En la Tabla 31, muestra los valores de energía de activación (Ea) correspondientes al índice de peróxidos durante el almacenamiento de las galletas bajo condiciones térmicas aceleradas. Los resultados obtenidos 14.13 kJ/mol y 31.14 kJ/mol reflejan el efecto de la temperatura sobre la constante de velocidad de oxidación lipídica. Estos cifras se sitúan por debajo del rango reportado por Torres *et al.* (2001), quienes establecen intervalos de Ea entre

41.842 kJ/mol y 104.605 kJ/mol para procesos de oxidación lipídica en distintos sistemas alimentarios. Este hallazgo podría interpretarse como indicio de una vida útil extendida para la formulación analizada, aunque no se descarta la influencia de otras rutas de deterioro que comprometan la calidad del producto.

Hosseini *et al.* (2014), citado por Shafiei *et al.* (2020), señalan que los parámetros de oxidación varían en función de la temperatura, valores elevados de E_a favorecen la producción de compuestos de oxidación primaria, mientras que valores bajos se relacionan con la formación de productos derivados de oxidación secundaria. Asimismo, Yoon *et al.* (2017), enfatizan que el aumento de la temperatura intensifica los procesos oxidativos, reduciendo así la estabilidad del alimento.

Cálculo de vida útil.

Tabla 32: Tiempo de vida útil θ de las galletas elaboradas con harina de cushuro, considerando los parámetros cinéticos y las condiciones de almacenamiento evaluado.

GALLETA	T	C_0	C_f	k	θ (días)	θ (meses)
CONTROL	30	1.34	5	0.0223	164	5.5
	40	1.34	5	0.0331	110	3.6
OPTIMA	30	1.43	5	0.0423	84	2.8
	40	1.43	5	0.0506	71	2.4

Nota: θ =vida útil, C_0 =valor inicial del índice de calidad, C_f =valor umbral de aceptación para dicho índice.

En la Tabla 32, presenta los valores obtenidos mediante la aplicación de un modelo cinético de degradación de orden cero, empleado para estimar la vida útil del producto a temperaturas de almacenamiento de 30 °C y 40 °C. Los resultados muestran que la galleta control presentó una vida útil de 5.5 y 3.6 meses, respectivamente, mientras que la galleta óptima registró 2.8 y 2.4 meses bajo las mismas condiciones. De acuerdo con lo reportado por Sandoval (2020), las galletas almacenadas a 30 °C y 40 °C presentaron tiempos de vida útil de 2.3 y 1.3 meses, respectivamente.

Según lo establecido en la Norma Técnica Peruana 206.016.1984 "Galletas. Requisitos", el índice de peróxido permitido debe ser como máximo de 5 mEq O₂/kg de grasa, parámetro que las galletas evaluadas en el presente estudio cumplen satisfactoriamente. La oxidación lipídica, también conocida como rancidez oxidativa, ocurre por un mecanismo de radicales libres, mediante el cual el oxígeno se integra a las cadenas de ácidos grasos en los

triglicéridos, favoreciendo la formación de compuestos peroxídicos. Este proceso puede ser inducido y potenciado por factores como el calor, la luz, la presencia de metales divalentes y la acción enzimática, especialmente de la lipoxigenasa. Aunque los peróxidos no generan directamente los atributos sensoriales desagradables vinculados a la rancidez, su degradación origina compuestos volátiles de bajo peso molecular que sí afectan negativamente dichas características.

Guerrero (2018), realizó galletas formuladas con linaza y almacenadas a 40 °C, se observó un incremento progresivo en el índice de peróxidos a lo largo del tiempo, atribuido a la oxidación gradual de los lípidos por efecto de la incorporación de oxígeno, en concordancia con lo descrito por (Guardia, 2006). En este contexto, la temperatura de almacenamiento mantiene una relación inversa con la vida útil del producto, dado que su incremento acelera las reacciones de deterioro, incluyendo la oxidación de grasas, lo cual impacta negativamente en la calidad y estabilidad del alimento. Este mecanismo fue también descrito por Coronel (2016), quien destacó la iniciación de la rancidez oxidativa por incorporación de oxígeno en la estructura de los ácidos grasos, generando así peróxidos.

Guzmán *et al.* (2016), el proceso de formación de peróxidos inicia de forma gradual, pero posteriormente experimenta un aumento acelerado. Este comportamiento se observa en lípidos expuestos al oxígeno, cuyo ritmo de oxidación es inicialmente lento, donde se ve fuertemente influenciado por la temperatura, ya que una relación inversa entre esta y la vida útil del producto, al incrementarse la temperatura se reduce el tiempo de conservación. Una vez desencadenada la rancidez, la velocidad de oxidación se intensifica considerablemente debido a la generación de compuestos como aldehídos y cetonas, responsables de conferir sabores indeseables a las grasas, como el rancio y el seboso.

Labuza (1985), existen diversas metodologías para estimar la vida útil de los alimentos, destacando los ensayos de vida útil acelerada como una de las herramientas más utilizadas actualmente para estimar la estabilidad de productos alimenticios no perecederos, como los enlatados esterilizados. En línea con esto, Fisher *et al.* (1999) señalan que este comportamiento puede modelarse mediante la cinética de reacción, aplicando la ecuación de Arrhenius, la cual establece la relación entre la temperatura y la velocidad de las reacciones de deterioro químico.

4.4.4. EVALUACIÓN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LAS GALLETAS DE CUSHURO DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

Los resultados del análisis microbiológico, aplicado a las galletas elaboradas con cushuro, los cuales confirmaron el cumplimiento de los parámetros de inocuidad alimentaria a lo largo del período de almacenamiento. Los controles microbiológicos realizados sirvieron como un sistema de verificación, aspecto particularmente importante al llevar a cabo evaluaciones sensoriales, ya que aseguran la seguridad del producto previo a su consumo.

Tabla 33: Resultado del análisis microbiológico de las galletas almacenadas a 30 y 40°C.

Tiempo de almacenamiento (días)	Recuento de Mohos (UFC/g)	Recuento de Levaduras (UFC/g)
0	<10	<10
7	<10	<10
14	<10	<10
21	<10	<10
28	<10	<10

En la Tabla 33, muestra los resultados obtenidos durante el periodo de almacenamiento evaluado (0, 7, 14, 21 y 28 días), en el cual no se registraron incrementos significativos en los conteos microbianos. Tanto los recuentos de mohos como los de levaduras se mantuvieron por debajo del límite de detección (<10 UFC/g), lo cual indica una adecuada estabilidad microbiológica del producto bajo las condiciones estudiadas.

Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Resolución Ministerial N.º 1020-2010/MINSA, lo que respalda la aptitud del producto para el consumo humano. Asimismo, al finalizar el periodo de almacenamiento, los recuentos microbianos permanecieron por debajo del límite máximo permitido de 10^2 UFC/g, conforme a lo estipulado en la Norma Técnica Peruana 206.001 (2016) para mohos en galletas. Esta conformidad con las normas vigentes garantiza la inocuidad del producto para la población en general, especialmente para el grupo infantil, considerando su valor nutricional en proteínas y hierro.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los mejores resultados en cuanto al tratamiento óptimo para la elaboración de galletas, considerando el porcentaje de proteína y contenido de hierro, se obtuvieron en el tratamiento T2, que consistió en la adición de 15 % de harina de cushuro y 85 % de harina de trigo. Este tratamiento alcanzó un contenido de proteína de 10.42 % y de hierro de 10.15 mg/100 g, evidenciando que el incremento en la proporción de harina de cushuro favorece el contenido nutricional de las galletas.

Las galletas que presentaron mayor grado de satisfacción fueron, el T0 (100% harina de trigo), seguido por el tratamiento T4 (15% harina de cushuro y 95% harina de trigo), con un contenido de (9.88%) de proteína y (7.19 mg/100g) de hierro, demostrando una buena aceptación por parte de los niños, mientras que el tratamiento T2 (15% de harina de cushuro y 85 harina de trigo), donde presento mayor contenido de proteína (10.42) y hierro (10.15 mg/100g) obtuvo una menor aceptación, Una posible causa de esta menor preferencia podría ser el color verde que confiere la harina de cushuro al producto, ya que los productos horneados no suelen tener este color, lo que podría afectar negativamente la percepción sensorial de los consumidores infantiles.

El tiempo de vida útil de las galletas con mayor grado de satisfacción se determinó mediante pruebas aceleradas, aplicando la ecuación de Arrhenius y considerando como parámetros críticos la humedad, acidez y el índice de peróxido. Respecto a la humedad, el tratamiento T0 (control) almacenado a 30°C presento mayor vida útil (88 días), seguido del tratamiento T4 (85 días). Sin embargo, al aumentar la temperatura de almacenamiento a 40°C, la vida útil se reduce a (80 días) para el tratamiento T0 y para el tratamiento T4 (70 días). En relación al contenido de acidez y al índice de peróxido, se observará un comportamiento similar,

confirmando que la vida útil disminuye conforme aumenta la temperatura. Por último, el análisis microbiológico confirmó la ausencia de mohos y levaduras patógenas en todas las muestras evaluadas, lo que garantiza su inocuidad para el consumo humano. Estos resultados cumplen con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Sanitaria N°071-MINSA/DIGESA, que regula la calidad sanitaria e inocuidad de alimentos y bebidas destinados al consumo humano”.

5.2. RECOMENDACIONES

Aplicar otros métodos de incorporación del cushuro en productos de panificación para su aprovechamiento de proteína, hierro y nutrientes presentes que benefician a la salud del consumidor.

Realizar investigaciones de la influencia del tiempo y temperatura en el contenido de proteína y hierro en productos de panificación.

Realizar análisis fisicoquímico, sensorial y de vida útil del tratamiento óptimo al finalizar el periodo de 85 días de almacenamiento, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos al día 0 y evaluar posibles pérdidas o cambios significativos en las características del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aedo, K. B. (2023). *Evaluación de la biodisponibilidad de hierro en galletas libres de gluten sustituidas con harina de quinua (Chenopodium quinoa), harina de maiz (Zea mayz l.) y cushuro en polvo (Nostoc sphaericum)* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9d0f226e-a084-4c92-bf6b-7e5282a59738/content>
- Alegre, R. (2019). *Contenido de proteínas, hierro y calcio de Nostoc sphaericum “Cushuro” procedente de la Laguna de Conococha, Catac-Huaraz*. [Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40357>
- Alvarado, L. S., & Rodriguez, F. B. (2017). Efecto del consumo de hierro contenido en la Murmunta (Nostoc sphaericum) en la recuperacion de ratas con anemia inducida, Arequipa,2017 [Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa]. In *Tesis*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4782>
- Añazco, K., & Suárez, E. (2015). *Determinación de las condiciones óptimas en la extracción de glicósidos diterpenoides a partir de Stevia rebaudiana Bertoni en un digesto* (Vol. 183). Escuela Superior Politecnico del Litoral.
- Arista, J. M., & Ramírez, L. A. (2018). *Sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de quinua (Chenopodium Quinoa W.) y chía blanca (Salvia Hispánica l.) usando glicerol en la elaboración de galletas enriquecidas*. [Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3051/47036.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asalde, N. A., & Iparraguirre, M. (2023). *Determinacion de las características nutricionales y sensoriales de galletas fortificadas con Cushuro (Nostoc sphaericum vauch) y Tarwi (Lupinus mutabilis sweet)*. Universidad Le Cordon Bleu. Lima, Perú.
- Ayala, J., & Pardo, R. (1995). *Optimización por Diseños Experimentales con Aplicaciones en Ingeniería*. 136732.
- Barbosa, E., Franco, K., Cabrera, D., Moguel, Y., & Betancur, D. (2018). Evaluación de la calidad de galletas reducidas en calorías endulzadas con hojas de Stevia rebaudiana Bertoni. In *Interciencia* (Vol. 43, Issue 1, pp. 17–22).
- Bolarinwa, I. F., Lim, P. T., & Kharidah, M. (2019). Quality of gluten-free cookies from germinated brown rice flour. *Food Research*, 3(3), 199–207.

[https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(3\).228](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(3).228)

- Cabrera, J. de J. (2014). *Optimización de variables de proceso para la reducción del tiempo de reproceso en el reactor tipo Batch, en la manufactura de adhesivos PU por medio de diseño experimental MSR*.
- Calixto, D. Y., & Lazo, G. H. (2017). *Harina de oca (Oxalis tuberosa) como sustituto parcial de harina de trigo para la elaboración de galleta edulcorada con Stevia (Stevia rebaudina)*. Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Campos, J., Acostal, K., & Paucar, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209–220. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- Capcha, K., Naventa, E., Rios, C., & Sisa, N. (2020). *Evaluación de tres niveles de temperatura de secado del cushuro (Nostoc sp) en el color y porcentaje de proteína*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Capurro, J., & Huerta, D. (2016). *Elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (Amaranthus caudatus), quinua (Chenopodium quinoa) y maíz (Zea mays)*. Universidad Nacional del Santa.
- Cárdenas, H., Aparco, J. P., & Gómez, C. A. (2021). Evaluation of the bioavailability of iron from fortified with iron baby food products. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*, 41(2), 137–143. <https://doi.org/10.12873/412cardenas>
- Carlos, K. (2023). *Elaboración tecnológica de galletas con sustitución parcial de harina de cushuro (Nostoc sphaericum) y aceite refinado de anchoveta (Engraulis ringens)* [Universidad Nacional del Callao]. <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7914/TESIS-RODAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrasco, C., & Sanchez, K. (2019). *Determinación de la aceptabilidad de galletas elaboradas con diferentes concentraciones de harina de coronta de maíz morado (Zea mays L.)*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/8143>
- Carrasco, R. (1998). *Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y de granos andinos*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

<https://books.google.com.pe/books?id=anoPHQAACAAJ>

Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. (2009). *Nacional de La Salud*, 64.

Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. (2017). *Nacional de La Salud*, 56, 146.
<https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Chili, E., & Terrazas, I. (2010). *Evaluación de la cinética de secado y valor biológico de cushuro (Nostoc sphaericum)* [Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3364>

Chonata, L. E., Castello, M., & Ortolá, D. (2020). *La Stevia (Rebaudiana) como edulcorante acalórico. Propuesta de su adición a galletas* [Universidad Politécnica de Valencia].
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/150599/Chonata - La Stevia %28Rebaudiana%29 como edulcorante acalórico. Propuesta de su adición a galletas..pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/150599/Chonata%20-%20La%20Stevia%20Rebaudiana%29%20como%20edulcorante%20acal%C3%B3rico.%20Propuesta%20de%20su%20adici%C3%B3n%20a%20galletas..pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Coronel, J. L. (2016). *Evaluación de las características fisicoquímicas del barquillo tipo oblea enrollada durante su tiempo de vida útil* [Universidad Nacional de Huancavelica].
[http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2515/TEISIS-SEG-ESP-FED-2019-GUIDOTTI CAMARENA Y GRANADOS AQUINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2515/TEISIS-SEG-ESP-FED-2019-GUIDOTTI%20CAMARENA%20Y%20GRANADOS%20AQUINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Corpus, A., Alcantara, M., Celis, H., Echevarría, B., Paredes, J., & Paucar, L. (2021). *Cushuro (Nostoc sphaericum): Hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales*. 11(2), 231–238.

Cruz, C. D. F., & Mendoza, J. J. S. (2015). *Elaboración de galletas con harina de arrozillo (Oryza Sativa) y harina de sacha inchi (Plukenetia Volubilis L.), como sustitutos parciales en su formulación*. 134.

Culqui, Y. E., & Guevara, K. E. (2022). *Formulación de galletas sustituidas parcialmente con harina de algarroba (Prosopis pallida) y enriquecidas con algas cushuro (Nostoc sphaericum)* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
[https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5092/BC-3893 BANCES PISCOYA-ROJAS PUICON.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5092/BC-3893%20BANCES%20PISCOYA-ROJAS%20PUICON.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Cutipá, T. (2022). *Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum*

aestivium l.) Por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) en el volumen y características organolépticas del pan francés. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga.

Díaz, B., & Espinoza, I. (2022). “Elaboración de cookies con chips de cushuro (*Nostoc Sphaericum*) fortificada con harinas de soya y cáscara de piña” [Universidad Nacional del Santa]. http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2690/42788.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://www.uv.mx/personal/yvelasco/files/2012/08/Implicaciones_educativas_de_la_teor%C3%ADa_sociocultural_de_Vigotsky.pdf

Documet, K. (2015). Evaluación Nutricional y Sensorial de Galletas Fortificadas con Hígado de res. In *Tesis Posgrado. Piura, Perú*. q356271f71682/content

Espinosa, J. (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. In *Editorial Universitaria*.

Evangelista Wilmer, J. R. (2015). *Efecto de los edulcorantes (sucralosa y stevia) sobre las características sensoriales de una bebida a base de sanky (Corryocactus brevistylus)*.

Fernández, W., & Suyón, S. (2018). Efecto del secado convectivo en el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante in vitro del *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault “cushuro” procedente de Recuay [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. In *Medicina*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4082%0Ahttp://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4147/Diaz_rc.pdf;jsessionid=CD5A7FF3022F1A5526948369A600356D?sequence=1

Galarza, N. (2011). *Obtención de un extracto concentrado de stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Galetovic, A., Araya, J. E., & Gómez, B. (2017). Composición bioquímica y toxicidad de colonias comestibles de la cianobacteria andina *Nostoc* sp. Llayta. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(4), 360–370. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182017000400360>

Girón, J. (2016). Elaboración y valoración bromatológica de galletas funcionales a base de cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) enriquecidas con semillas de zambo (*Cucurbita ficifolia*) y endulzadas con Stevia. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. In *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5040>

- Guerrero, T. (2018). *Efecto del mucilago y harina de linum usitatissimum “linaza” en las propiedades sensoriales de galletas y su impacto en el tiempo de vida útil*. [http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2267/Guerrero Ramirez Tatiana Milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2267/Guerrero_Ramirez_Tatiana_Milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Guzman, L. E., Martinez, D. P., Martinez, D. E., Acevedo, D., & Montero, P. M. (2016). Estudio de la vida útil de jamón de cerdo mediante pruebas aceleradas. *Interciencia*, 41(7), 488–491.
- INDECOPI. (2016). *Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual*.
- Jara, L. (2019). *Elaboración de galletas con un edulcorante natural stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) enriquecida con harina de cáscara deshidratada de piña (Ananas comosus)*. [Universidad Nacional De Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/493>
- Jurado, B. T., Fuertes, C. R., Tomas, C. G., Ramos, E. L., Arroyo, J. A., Cáceres, J. P., Inocente, M. C., Alvarado, C. B., Rivera, B. C., Ramírez O, M. A., Ostos, H. F., & Cárdenas, L. M. (2014). Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico de los polisacáridos del nostoc commune y nostoc sphaericum. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím*, 17(1), 15–22.
- Kamman, J. F., & Labuza, T. P. (1985). A Comparison of the Effect of Oil Versus Plasticized Vegetable Shortening on Rates of Glucose Utilization in Nonenzymatic Browning. *Journal of Food Processing and Preservation*, 9(3), 217–222. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1985.tb00721.x>
- Khuel, R. O. (2001). Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. In *Technometrics* (Vol. 43, Issue 2).
- Leiva, C. L., & Sulluchuco, P. (2018). *Evaluación de la aceptabilidad del cushuro (Nostoc sphaericum) en preparaciones culinarias saladas y dulces, por estudiantes universitarios, Lima-2018* [Univerdiad Peruana Union]. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/503>
- Lizarraga, C. V., Chiroque, M. J., & Chumbe, R. S. (2017). *Adherencia y nivel de conocimientos sobre el tratamiento de anemia ferropenica en las madres de lactantes de 6 a 24 meses atendidos en el C. S Leonor Saavedra , Lima , 2016* . [Universidad

Nacional Hermilio Valdizan].
https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/3787/2EN.EP_037_L69.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Llerena, K. (2010). Utilización de harina de trigo y quinua para la elaboración de galletas, para los niños del párvulo de la E.S.P.O.C.H. In *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Facultad de Salud Pública. Escuela de Gastronomía [Tesis para optar el título de Licenciada en Gestión Gastronómica]*.
- Lopez, R. A. M. (2015). *Optimización estadística del tiempo de vida de anaquel del Litchi y el Nopal*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Macha, A. (2019). “*Conocimiento y aceptabilidad de platos a base de Nostoc ‘Cushuro’ como alternativa alimentaria en agentes comunitarios de salud en el Distrito de Pueblo Libre, 2018.*” Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Mera, O. L. (2018). Optimización de la extracción de proteína de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) utilizando la metodología de superficie de respuesta [Universidad Nacional Agraria La Molina]. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3271>
- Meza, S. (2022). “*Proceso de elaboración de una galleta con harina de pituca (Colocasia esculenta) Y Cushuro (Nostoc sphaericum) con alto contenido nutricional*” [Universidad Nacional del Callao]. http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4353/VIVANCO_MEDRANO_FCS_2DA_ESPEC_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Montes, R. (2014). “*Determinación de las características nutricionales y organolépticas de galletas enriquecidas con harina de trigo (Triticum aestivum L.) y harina de haba (Vicia faba L.)*” [Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/96>
- Montoya, T. D. (2016). *Relación entre la crocancia sensorial y el valor de los picos sonoros de galletas de avena y granola marca Quaker evaluadas por pruebas aceleradas*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Moreyra, C. (2023). *Evaluación del comportamiento reológico, estabilidad y color de suspensiones de un hidrocólide atomizado de Nostoc Sphaericum* (Vol. 2, Issue 2) [Universidad Nacional José María Arguedas]. <https://docplayer.es/81015260->

Universidad-nacional-jose-maria-arguedas-facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-de-ingenieria-de-sistemas.html%0Ahttp://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/114/131

NIH. (2022). *IRON*. *National Institute of Health*. 1(10), 1–3. <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Iron-DatosEnEspanol.pdf>

Noelia Cueva, K. S. (2021). “*ELABORACIÓN DE GALLETAS DE TRIGO (Triticum aestivum), KIWICHA (Amaranthus caudatus) Y SANGRE DE POLLO.*” 115. [https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7008/ELABORACIÓN DE GALLETAS DE TRIGO %28Triticum aestivum%29%2C KIWICHA %28Amaranthus caudatus%29 Y SANGRE DE POLLO...pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7008/ELABORACIÓN%20DE%20GALLETAS%20DE%20TRIGO%20Triticum%20aestivum%29%2C%20KIWICHA%20Amaranthus%20caudatus%29%20Y%20SANGRE%20DE%20POLLO...pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Oyola, M., & Padilla, R. (2020). *Enriquecimiento de galleta con sustitución parcial de harina de tocosh de papa (Solanum Tuberosum L.) y harina de kiwicha (Amaranthus Caudatus)*. Universidad Nacional de Barranca.

Ponce, E. (2014). Nostoc: Un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. *Idesia*, 32(2), 115–118. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200015>

Puma, G. G., Liñan, J. F., Coavoy, I., Coronado, J., Salas, W. F., & Vargas, L. F. (2018). Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas. *Anales Científicos*, 79(1), 218. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1166>

Raymundo, T., & Romani, J. (2016). *Efecto de la temperatura de almacenamiento, humedad y permeabilidad del envase en la estabilidad de los parámetros de calidad sensorial, físicoquímica y microbiológica del pan de camote (Ipomoea batata)*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Salvatierra, Y. M., & Azorca, M. S. (2017). Evaluación y optimización de galletas enriquecidas con chía (salvia hispánica) y aceite extraído de Tarwi (Lupinus Mutabilis). In *Universidad Nacional del Santa*. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3028>

Sandoval, M. D. C. (2020). “*Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de hojas de moringa (Moringa oleífera) y harina de soya (Glycine max) en elaboración de galletas dulces*” [Universidad Nacional dle Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2557/23177.pdf?sequence=1&isA>

llowed=y

- Shafiei, G., Ghorbani, M., Hosseini, H., Sadeghi Mahoonak, A., Maghsoudlou, Y., & Jafari, S. M. (2020). Estimation of oxidative indices in the raw and roasted hazelnuts by accelerated shelf-life testing. *Journal of Food Science and Technology*, *57*(7), 2433–2442. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04278-9>
- Sosa, C. (2021). Calidad nutricional y la aceptabilidad del producto obtenido por deshidratación osmótica del nostoc sphaericum (cushuro) [Universidad Nacional Mayor de San Marco]. In *Unmsm*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16456/Sosa_tc.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soto, M. (2018). *Formulación y evaluación de galletas de avena (Avena sativa) y harina de linaza (Linum usitatissimum), con características de alimento funcional* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6127>
- Tafur, I., & Obregón, E. (2019). Gomitas funcionales de cushuro (nostoc commune) enriquecida con aceite de sacha inchi (plukenetia volubilis) y spirulina (arthrospira platensis), con sabor a frutas. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*.
- Torres, A., Guerra, M., & Rosquete, Y. (2001). Estimación De La Vida Útil De Una Fórmula Dietética En Función De La Disminución De Lisina Disponible. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *21*(2), 129–133. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612001000200001>
- Villacres, Z. G., Mederos, M. K., & Tabares, C. Y. (2023). Prevalencia de anemia en niños menores de 5 años con desnutrición crónica en Santa Elena, Ecuador. *Facsalud-Unemi*, *7*(13), 74–80. <https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol7iss13.2023pp74-80p>
- WHO/FAO/UNU. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint. *WHO Technical Report Series*, 1–265. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18330140>
- Yoon, J. W., Ahn, S. Il, Kim, H. N., Park, J. H., Park, S. Y., Kim, J. H., Oh, D. G., Jhoo, J. W., & Kim, G. Y. (2017). Qualitative characteristics and determining shelf-life of milk beverage product supplemented with coffee extracts. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, *37*(2), 305–312. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.2.305>

ANEXOS

Anexo 1: Preparación y horneado de las galletas.



Anexo 2: Analisis sensorial de las galletas con mayor contenido de proteina y hierro.





Anexo 3: *Condiciones de almacenamiento en estufas a temperatura de 30° C y 40 °C.*



Anexo 4: *Determinación del contenido de acidez en las galletas, expresado en porcentaje de ácido láctico.*



Anexo 5: *Determinación del contenido de cenizas en las galletas.*



Anexo 6: *Preparación de muestras para determinar el peróxido en las galletas.*



Anexo 7: *Determinación del contenido de índice de peróxido en las galletas.*



Anexo 8: *Preparación de medios de cultivos para el análisis microbiológico.*



Anexo 9: *Verificación y recuento de colonias de mohos y levaduras.*



Anexo 10: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Color.

JUECES	T0	T2	T4	T8	JUECES	T0	T2	T4	T8
J1	5	4	5	3	J61	5	3	4	3
J2	4	5	4	4	J62	5	4	4	4
J3	5	3	5	4	J63	5	5	5	5
J4	4	4	4	4	J64	5	5	5	5
J5	4	4	5	3	J65	5	4	5	5
J6	4	4	4	4	J66	4	5	5	5
J7	4	3	5	3	J67	4	3	4	3
J8	4	4	5	5	J68	4	4	4	4
J9	5	4	5	4	J69	5	2	4	1
J10	5	4	4	5	J70	4	4	4	4
J11	5	4	4	5	J71	5	5	5	5
J12	5	4	5	5	J72	5	5	5	5
J13	4	4	3	4	J73	4	4	5	5
J14	4	4	4	3	J74	5	5	5	5
J15	5	4	4	5	J75	5	4	5	5
J16	4	4	4	4	J76	5	4	5	5
J17	4	4	4	3	J77	5	4	4	5
J18	4	1	5	1	J78	5	5	5	5
J19	4	2	4	2	J79	5	4	5	4
J20	4	4	4	2	J80	4	4	4	4
J21	4	3	4	4	J81	5	5	5	5
J22	4	4	5	2	J82	5	5	5	5
J23	4	4	4	4	J83	5	5	5	5
J24	5	4	4	4	J84	4	4	4	4
J25	5	3	4	4	J85	5	5	5	4
J26	5	4	5	4	J86	5	4	4	4
J27	4	4	4	3	J87	5	3	4	4
J28	5	4	5	3	J88	5	3	4	3
J29	5	3	4	4	J89	5	5	5	5
J30	5	4	4	4	J90	5	4	4	5
J31	5	3	4	4	J91	4	5	5	5
J32	5	3	4	4	J92	5	3	5	3
J33	5	4	4	4	J93	5	5	5	5
J34	4	1	5	1	J94	5	5	5	5
J35	4	4	3	5	J95	4	5	5	5
J36	5	5	4	5	J96	5	5	5	5
J37	4	4	4	4	J97	5	2	4	2
J38	4	2	3	2	J98	5	4	4	5
J39	4	3	4	3	J99	5	5	5	5
J40	4	2	4	3	J100	5	4	4	5

<<continuación>>

J41	5	5	5	5	J101	5	5	4	5
J42	5	4	5	5	J102	5	5	5	5
J43	5	3	4	5	J103	5	4	5	4
J44	5	3	4	5	J104	4	2	5	3
J45	5	3	3	3	J105	5	5	5	5
J46	4	3	3	3	J106	5	5	5	5
J47	4	4	5	5	J107	5	3	4	5
J48	5	5	5	5	J108	5	5	4	4
J49	5	4	4	3	J109	4	5	5	4
J50	3	2	4	3	J110	5	5	5	5
J51	4	3	4	2	J111	5	3	4	3
J52	4	2	5	4	J112	4	4	4	3
J53	4	4	4	3	J113	5	3	5	5
J54	4	4	4	4	J114	4	4	4	4
J55	5	5	5	5	J115	4	3	4	3
J56	5	4	5	5	J116	4	4	4	5
J57	5	4	5	5	J117	5	4	4	5
J58	5	4	4	4	J118	4	4	4	4
J59	5	5	5	5	J119	4	2	4	2
J60	5	4	4	4	J120	4	3	4	3

Nota: 1 = Lo odié, 2 = No me gustó, 3 = indiferente, 4 = me gustó, 5 = Me encantó.

Anexo 11: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Olor.

JUECES	T0	T2	T4	T8	JUECES	T0	T2	T4	T8
J1	5	3	4	5	J61	5	4	4	4
J2	5	4	4	4	J62	5	3	4	4
J3	5	4	5	5	J63	4	4	5	3
J4	5	3	4	4	J64	5	4	5	4
J5	5	3	3	4	J65	5	5	5	5
J6	5	3	4	4	J66	5	3	4	4
J7	5	3	4	4	J67	4	4	4	4
J8	5	2	5	5	J68	5	4	5	5
J9	4	4	4	4	J69	5	3	4	3
J10	4	4	4	5	J70	4	4	4	4
J11	4	4	5	4	J71	5	5	5	5
J12	4	5	5	5	J72	5	4	4	5
J13	5	5	5	5	J73	4	4	5	5
J14	5	5	5	5	J74	5	5	5	5
J15	4	4	5	5	J75	5	5	5	5
J16	5	5	4	5	J76	5	5	5	5
J17	4	4	5	4	J77	4	4	5	5

<<continuación>>

J18	4	2	4	4	J78	5	4	5	5
J19	4	4	4	4	J79	5	4	4	3
J20	4	2	4	4	J80	5	2	5	5
J21	5	5	5	5	J81	5	5	5	5
J22	4	2	4	3	J82	5	5	5	5
J23	4	5	5	5	J83	5	5	5	5
J24	3	4	5	5	J84	5	3	5	4
J25	4	4	4	4	J85	4	3	4	4
J26	5	4	4	5	J86	5	5	4	5
J27	5	4	4	4	J87	4	3	4	3
J28	5	3	5	4	J88	4	2	4	4
J29	5	4	4	4	J89	5	5	4	4
J30	5	5	5	4	J90	5	4	5	4
J31	5	3	4	5	J91	5	5	5	5
J32	5	4	4	4	J92	5	3	4	4
J33	5	3	4	4	J93	5	5	5	5
J34	4	3	4	4	J94	4	4	5	4
J35	4	3	4	3	J95	5	5	4	5
J36	5	4	5	5	J96	4	4	5	5
J37	4	4	4	4	J97	4	3	4	4
J38	4	3	3	3	J98	4	3	4	4
J39	3	1	3	3	J99	5	5	5	5
J40	3	4	3	3	J100	4	5	5	5
J41	4	5	3	5	J101	4	3	5	4
J42	5	4	4	5	J102	5	1	3	4
J43	4	5	5	5	J103	4	5	5	5
J44	4	5	5	5	J104	3	3	4	4
J45	5	3	5	3	J105	4	4	5	5
J46	5	3	4	3	J106	5	4	4	5
J47	5	5	5	5	J107	4	5	5	5
J48	5	5	5	5	J108	4	4	5	5
J49	4	4	5	5	J109	4	4	5	4
J50	4	3	4	2	J110	4	5	5	5
J51	4	4	5	4	J111	5	5	5	5
J52	4	4	4	3	J112	5	5	5	5
J53	5	3	4	4	J113	4	5	5	5
J54	5	5	5	5	J114	5	4	5	5
J55	5	5	5	5	J115	4	4	5	4
J56	5	5	5	5	J116	4	3	4	3
J57	5	5	5	5	J117	5	4	5	4
J58	4	5	4	4	J118	4	3	4	4
J59	5	4	5	4	J119	4	3	3	3
J60	5	4	4	4	J120	3	1	3	3

Nota: 1 = Lo odié, 2 = No me gustó, 3 = indiferente, 4 = me gustó, 5 = Me encantó.

Anexo 12: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Sabor.

JUECES	T0	T2	T4	T8	JUECES	T0	T2	T4	T8
J1	5	5	5	5	J61	5	5	5	5
J2	5	5	4	4	J62	5	5	5	3
J3	5	5	5	5	J63	4	5	4	5
J4	5	5	4	4	J64	3	5	5	4
J5	5	5	4	4	J65	5	5	5	5
J6	5	4	5	5	J66	5	5	4	5
J7	5	5	4	4	J67	4	4	4	2
J8	5	5	5	5	J68	5	5	5	3
J9	4	3	5	3	J69	5	5	4	1
J10	4	5	5	5	J70	5	5	5	5
J11	5	5	4	4	J71	5	5	5	5
J12	5	5	4	5	J72	5	5	5	5
J13	5	5	4	4	J73	4	4	5	5
J14	5	5	5	4	J74	5	5	5	5
J15	5	5	5	5	J75	5	5	5	5
J16	5	5	4	5	J76	5	5	5	5
J17	3	3	3	3	J77	4	4	2	5
J18	4	4	3	4	J78	5	5	5	3
J19	5	3	3	4	J79	5	3	5	3
J20	5	3	1	3	J80	3	3	2	4
J21	5	5	5	5	J81	5	5	5	5
J22	5	3	2	3	J82	5	5	5	5
J23	5	4	3	3	J83	5	4	5	5
J24	4	5	5	5	J84	5	5	3	3
J25	4	5	5	5	J85	3	4	4	4
J26	5	5	5	5	J86	5	5	5	5
J27	4	5	4	3	J87	5	3	5	2
J28	4	3	3	3	J88	4	3	3	5
J29	5	5	5	5	J89	5	5	5	5
J30	5	5	4	5	J90	5	5	5	5
J31	5	5	5	5	J91	4	5	5	5
J32	5	5	5	5	J92	5	5	4	5
J33	5	4	3	4	J93	5	5	5	5
J34	5	3	2	5	J94	5	5	5	5
J35	5	5	4	5	J95	4	5	3	5
J36	5	4	5	5	J96	5	5	5	5
J37	5	4	4	4	J97	5	2	2	1
J38	4	3	4	3	J98	4	1	5	1
J39	5	4	5	4	J99	5	5	5	5
J40	5	2	2	3	J100	5	4	3	5

<<continuación>>

J41	4	4	4	5	J101	5	3	5	3
J42	5	5	4	5	J102	5	5	4	5
J43	4	5	3	5	J103	5	5	5	5
J44	5	5	3	5	J104	5	2	2	3
J45	5	4	4	3	J105	4	4	4	5
J46	5	5	5	5	J106	5	5	4	5
J47	4	5	4	4	J107	4	5	3	5
J48	5	5	5	5	J108	4	5	5	5
J49	5	4	4	5	J109	5	5	4	4
J50	5	2	3	3	J110	5	5	4	5
J51	4	5	4	4	J111	5	5	4	4
J52	5	5	3	4	J112	5	5	5	4
J53	5	3	3	3	J113	5	5	5	5
J54	5	5	5	5	J114	5	5	4	5
J55	5	5	5	5	J115	3	3	3	3
J56	5	5	5	5	J116	5	5	4	5
J57	5	5	5	5	J117	5	4	5	5
J58	4	4	5	3	J118	5	4	4	4
J59	5	5	5	5	J119	4	3	4	3
J60	5	5	5	5	J120	5	4	5	4

Nota: 1 = Lo odié, 2 = No me gustó, 3 = indiferente, 4 = me gustó, 5 = Me encantó.

Anexo 13: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Textura.

JUECES	T0	T2	T4	T8	JUECES	T0	T2	T4	T8
J1	4	5	5	1	J61	5	5	5	5
J2	4	4	4	3	J62	5	5	5	5
J3	5	5	5	5	J63	5	3	3	4
J4	4	3	4	3	J64	5	5	5	3
J5	4	3	5	5	J65	5	5	5	5
J6	4	4	4	5	J66	4	5	5	5
J7	4	5	5	5	J67	5	4	4	3
J8	5	5	5	5	J68	4	5	5	4
J9	5	4	4	4	J69	5	1	5	1
J10	5	3	5	5	J70	4	4	4	4
J11	5	4	5	5	J71	4	5	4	4
J12	5	4	5	4	J72	5	3	5	5
J13	5	5	5	5	J73	3	5	4	5
J14	5	4	5	5	J74	5	5	5	5
J15	5	4	4	5	J75	5	5	5	5
J16	4	4	4	4	J76	5	5	5	5
J17	4	3	4	3	J77	4	4	5	4

<<continuación>>

J18	4	3	3	4	J78	5	5	5	5
J19	4	3	4	4	J79	5	2	3	3
J20	4	3	4	4	J80	4	1	3	3
J21	5	5	5	5	J81	5	5	5	5
J22	4	3	4	2	J82	5	5	5	5
J23	4	3	4	4	J83	4	3	5	5
J24	5	3	5	5	J84	4	3	4	5
J25	5	4	4	4	J85	5	3	4	2
J26	5	5	5	5	J86	5	5	5	5
J27	4	4	4	3	J87	3	2	5	4
J28	5	3	4	4	J88	4	4	5	3
J29	4	4	4	5	J89	4	5	5	5
J30	5	4	5	5	J90	4	4	4	3
J31	4	4	4	3	J91	5	5	5	5
J32	4	4	4	5	J92	5	4	5	2
J33	5	5	4	5	J93	4	5	5	5
J34	5	4	4	3	J94	4	4	4	5
J35	5	3	4	5	J95	5	5	5	5
J36	5	5	4	5	J96	4	3	3	4
J37	4	4	5	3	J97	5	4	5	5
J38	4	3	5	3	J98	5	2	4	5
J39	4	3	4	5	J99	5	5	5	5
J40	4	3	4	4	J100	5	5	5	3
J41	4	4	4	5	J101	4	2	5	5
J42	4	5	4	5	J102	4	5	5	5
J43	5	5	5	4	J103	4	5	5	5
J44	5	5	5	4	J104	3	3	4	4
J45	4	3	4	4	J105	4	5	4	5
J46	4	4	4	5	J106	4	5	4	5
J47	5	4	4	4	J107	5	5	5	4
J48	5	5	5	5	J108	5	3	3	5
J49	5	5	5	5	J109	5	4	5	5
J50	4	1	5	5	J110	5	5	5	4
J51	4	4	2	4	J111	5	5	5	5
J52	4	4	4	3	J112	5	5	4	5
J53	4	4	4	4	J113	5	4	4	5
J54	4	4	4	5	J114	4	5	4	4
J55	5	5	5	4	J115	4	4	4	3
J56	5	5	5	4	J116	5	4	5	5
J57	5	4	4	5	J117	5	4	4	5
J58	4	4	4	4	J118	4	4	5	3
J59	4	4	4	3	J119	4	3	4	3
J60	5	3	4	3	J120	3	3	4	5

Nota: 1 = Lo odié, 2 = No me gustó, 3 = indiferente, 4 = me gustó, 5 = Me encantó.

Anexo 14: Datos obtenidos del análisis sensorial Atributo – Apariencia general.

JUECES	T0	T2	T4	T8	JUECES	T0	T2	T4	T8
J1	4	5	5	5	J61	5	5	5	5
J2	5	5	5	4	J62	5	5	5	5
J3	5	5	5	5	J63	4	2	4	5
J4	5	4	4	4	J64	5	5	5	5
J5	5	4	4	4	J65	5	5	5	5
J6	5	3	4	4	J66	5	5	5	5
J7	5	4	5	5	J67	4	4	4	2
J8	5	5	5	5	J68	4	4	5	4
J9	5	5	5	5	J69	5	2	5	1
J10	5	5	5	5	J70	5	4	4	5
J11	5	4	5	4	J71	5	5	5	5
J12	5	5	5	5	J72	5	5	5	5
J13	5	3	5	4	J73	5	4	5	5
J14	5	3	5	5	J74	5	5	5	5
J15	5	5	5	5	J75	5	5	5	5
J16	5	5	5	5	J76	5	5	5	5
J17	5	5	5	5	J77	4	4	5	5
J18	5	3	4	2	J78	5	5	5	5
J19	4	5	4	5	J79	5	2	3	4
J20	4	1	4	3	J80	3	3	5	2
J21	4	5	5	5	J81	5	5	5	5
J22	4	3	5	4	J82	5	5	5	5
J23	4	4	5	5	J83	5	5	5	5
J24	5	5	5	5	J84	4	5	5	4
J25	5	4	4	5	J85	4	2	5	1
J26	5	5	5	5	J86	5	5	4	5
J27	4	4	5	3	J87	5	1	3	5
J28	5	3	4	3	J88	5	3	5	4
J29	4	4	4	5	J89	5	5	5	3
J30	5	4	5	5	J90	5	3	5	5
J31	5	5	5	5	J91	4	5	5	5
J32	5	4	4	5	J92	5	5	5	4
J33	5	4	4	4	J93	5	5	5	5
J34	5	3	5	4	J94	4	5	5	5
J35	5	4	4	5	J95	4	5	5	5
J36	5	3	5	5	J96	4	5	5	4
J37	4	4	4	4	J97	5	3	4	2
J38	4	3	3	3	J98	5	3	5	5
J39	4	4	5	5	J99	5	5	5	5
J40	4	4	5	2	J100	5	5	5	4

<<continuación>>

J41	5	4	4	5	J101	4	3	3	3
J42	5	4	5	5	J102	5	5	5	3
J43	5	5	5	5	J103	5	3	5	4
J44	5	4	4	5	J104	4	4	5	2
J45	5	4	4	4	J105	5	4	4	5
J46	3	4	5	4	J106	5	5	4	5
J47	5	3	3	4	J107	5	5	5	5
J48	5	5	5	5	J108	5	5	5	5
J49	5	4	5	4	J109	5	4	5	4
J50	3	3	4	4	J110	5	5	5	5
J51	5	3	5	2	J111	5	3	5	4
J52	4	3	4	4	J112	5	3	5	5
J53	3	4	4	4	J113	5	5	5	5
J54	5	4	4	4	J114	5	5	5	5
J55	5	5	5	5	J115	5	5	5	5
J56	5	4	5	5	J116	5	5	4	5
J57	5	5	5	5	J117	5	3	4	5
J58	5	4	5	5	J118	4	4	4	4
J59	5	5	5	5	J119	4	3	3	3
J60	5	4	4	4	J120	4	5	4	5

Nota: 1 = Lo odié, 2 = No me gustó, 3 = indiferente, 4 = me gustó, 5 = Me encantó.

Anexo 15: Determinación de humedad.

Materiales

- Equipo de determinación de humedad (Termobalanza)

Procedimiento

Inicialmente, se pesa la placa en el equipo de determinación de humedad y se realiza la tara. Posteriormente, se colocan 5 g de muestra sobre la placa y se cierra la tapa para iniciar el proceso de secado. Durante el transcurso del tiempo, la muestra comenzará a perder humedad. Después de un intervalo de 10 a 20 minutos, se debe observar la lectura, la cual deberá mantenerse estable durante al menos 2 minutos. El valor registrado en ese momento corresponderá al porcentaje total de humedad de la muestra.

Fuente: (Tirado et al., 2015).

Anexo 16: Determinación de cenizas.

Se realizará por el método determinación de cenizas totales (A.O.A.C 1975).

Materiales

- Mufla
- Crisol de porcelana
- Balanza analítica
- Desecador

Procedimiento

Primero, se calienta el crisol y se realiza su pesaje inicial, anotando el valor obtenido y tarándolo posteriormente. A continuación, se pesan 2 gramos de muestra en las cápsulas correspondientes. Las cápsulas con las muestras se introducen en una mufla, programándola a una temperatura de 600 °C durante un período de 2 horas.

Al concluir el tiempo de calcinación, se apaga la mufla y se permite que las cápsulas se enfríen durante aproximadamente 15 minutos en un desecador. Finalmente, se procede al pesaje de las cápsulas ya frías, registrando los valores obtenidos para el análisis correspondiente.

Expresión de los resultados.

$$\% = \frac{(P - p) * 100}{M}$$

Donde:

P: Peso del crisol con las cenizas

p: Peso del crisol vacío

M: Peso de la muestra

Fuente: (A.O.A.C, 1975)

Anexo 17: *Determinación de índice de peróxido.*

Equipos

- Balanza analítica de 0.1 mg de sensibilidad
- Vasos de 100 cm³
- Erlenmeyer de 125 cm³
- Microbureta de 2 cm³

- Molinillo
- Pipeta volumétrica de 0.5 cm³

Reactivos

- Éter de petróleo o éter etílico con rango de destilación entre 35 y 60 °C.
- Solución de tiosulfato de sodio 0,01 N.
- Solución saturada de yoduro de potasio.
- Solución de engrudo de almidón al 1 %.
- Solución acética-cloroformo en proporción 60:40.
- Ácido acético.

Preparación de la muestra

Se debe moler la muestra de 100 g hasta que pueda atravesar un tamiz N.º 18 y luego homogenizarla.

Procedimiento.

Primero, se tara un matraz Erlenmeyer dentro de un vaso de 100 cm³, y luego se añade una cantidad equivalente a 3 o 4 galletas de la muestra preparada. Posteriormente, se incorpora éter de petróleo y se agita utilizando una varilla durante aproximadamente 3 minutos. La mezcla resultante se filtra a través de un papel filtro en el Erlenmeyer previamente tarado. El éter se deja evaporar a temperatura ambiente en un lugar ventilado. Una vez completada la evaporación, se determina la masa del Erlenmeyer con la grasa residual, registrando el peso de la grasa obtenida. Seguidamente, se agregan 30 cm³ de solución acética-cloroformo y se agita hasta lograr la disolución completa de la grasa. Se adiciona 0,5 cm³ de solución saturada de yoduro de potasio con una pipeta, seguido de 30 cm³ de agua destilada, agitando nuevamente la mezcla. La titulación se realiza utilizando la solución de tiosulfato de sodio 0,01 N hasta que la solución adquiera un color amarillo pálido. Posteriormente, se agrega 0,5 cm³ de solución indicadora de almidón, continuando la titulación hasta la desaparición del color azul característico del almidón.

Método de cálculo y fórmula:

El índice de peróxidos se calcula expresando los resultados en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de grasa:

$$IP (me O_2/kg) = \frac{(A - a) * N}{m} * 1000$$

Donde:

me = Miliequivalente de oxígeno por kilogramo de grasa (meq O₂/kg).

A = Volumen de tiosulfato gastado para titular la muestra (cm³).

a = Volumen de tiosulfato gastado para titular el blanco (cm³).

N = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

m = Masa de la muestra (g).

Anexo 18: *Determinación de acidez*

Materiales

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.1mg
- Microbureta de 50 cm³ o de 10 cm³
- Erlenmeyer de 250 cm³
- Probeta de 100 cm³
- Molinillo

Reactivos

- Alcohol al 50% neutralizado.
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.02 N.
- Solución indicadora de fenolftaleína al 1% en alcohol absoluto.

Procedimiento

Se introduce 5 g de muestra previamente preparada en un frasco Erlenmeyer de 250 ml. Se añade 50 cm³ de alcohol neutralizado al 50% y se agita la mezcla cada 10 minutos durante un periodo de 3 horas. Posteriormente, se filtra la mezcla y se toma una alícuota de 10 cm³ del filtrado, que se coloca en otro Erlenmeyer junto con 2 a 3 gotas de solución indicadora de fenolftaleína. La muestra se titula con la solución de NaOH 0,02 N hasta alcanzar un color rosado suave, el cual debe mantenerse por al menos 30 segundos. El volumen de NaOH gastado se registra para su posterior cálculo.

Expresión de resultados: El cálculo de la acidez expresada en ácido láctico se realiza mediante la siguiente fórmula:

Se toma una nota del dato de la lectura, la cual se observa en la bureta.

$$H = \frac{V * N * 50 * 0.090 * 100}{10 * m}$$

Donde:

H = Porcentaje de ácido láctico

V = Volumen de la solución de hidróxido de sodio o hidróxido de potasio, empleado en cm^3

N = Normalidad del álcali.

50 = Volumen de alcohol neutralizado agregado a la muestra, en cm^3 .

0.090 = Miliequivalente del ácido láctico.

m = Masa de la muestra en gramos

10 = Alícuota utilizada para la titulación.

Nota: Si la acidez se requiere expresar como porcentaje de ácido sulfúrico, el miliequivalente de ácido sulfúrico es 0.049.

Anexo 19: *Análisis microbiológico*

Método: Recuento de mohos y levaduras

Preparación de medio de cultivo

Se preparó un medio sólido de cultivo (Agar Sabouraud) adecuado para permitir el crecimiento de mohos y levaduras. Se elaboró la cantidad suficiente de caldo nutritivo para realizar las pruebas microbiológicas.

Anexo 20: *Determinación de vida útil.*

Predicción de la Vida útil de la galleta a temperatura de almacenamiento mediante la ecuación de Arrhenius.

La ecuación de Arrhenius se utiliza para predecir la vida útil de la galleta a diferentes temperaturas de almacenamiento. La ecuación de Arrhenius describe cómo la constante de velocidad de una reacción de deterioro (k) cambia con la temperatura. La fórmula es:

$$k = k_0 e^{\frac{E_a}{RT}}$$

Donde:

- k : Constante de velocidad de la reacción de deterioro
- k_0 : Constante de factor pre exponencial
- E_a : Energía de activación en (J/mol)
- R : Constante de los gases (8,3143 J/K mol)
- T : Temperatura absoluta (K = °C + 273)

Para determinar los parámetros de la ecuación de Arrhenius como E_a/R y K_0 , es necesario linealizar la ecuación utilizando el logaritmo natural. Posteriormente, se tabula $\ln k$ vs. $1/T$ (°K). Esto permite obtener una expresión relacionada con la cinética de orden cero, lo que facilita el cálculo de la vida útil del producto.

La vida útil (θ) se determina usando la siguiente fórmula:

$$\theta = \frac{C_0 - C_f}{k}$$

Donde:

- θ : Vida útil o durabilidad del producto.
- C_0 : Valor inicial del índice de calidad (% humedad)
- C_f : Valor límite del índice de calidad (% humedad)
- k : constante de velocidad

Anexo 21: Evaluación sensorial

Cuestionario de análisis sensorial.

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL - PRUEBA DE SATISFACCIÓN ESCOLAR

Nombre:..... Fecha:.....

Producto: Galletas parcialmente sustituidas con harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*), edulcoradas con stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni)

Indicaciones. Prueba la galleta e indique tu nivel de agrado, marcando con una "X" sobre la carita que más representa lo que te pareció.

CARACTERÍSTICAS DE GALLETAS



Anexo 22: Evaluación mediante Análisis de Varianza del Contenido de Proteína en la Elaboración de Galletas.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	1.63835	0.32767	9.80	0.005
Lineal	2	1.24427	0.62214	18.61	0.002
A: Harina de trigo	1	0.18416	0.18416	5.51	0.051
B: Harina de cushuro	1	1.06011	1.06011	31.71	0.001
Cuadrado	2	0.37761	0.18881	5.65	0.035
A*A	1	0.14693	0.14693	4.40	0.074
B*B	1	0.27687	0.27687	8.28	0.024
Interacción de 2 factores	1	0.01647	0.01647	0.49	0.505
A*B	1	0.01647	0.01647	0.49	0.505
Error	7	0.23399	0.03343		
Falta de ajuste	3	0.23378	0.07793	1492.24	0.000
Error puro	4	0.00021	0.00005		
Total	12	1.87235			

Nota: Los resultados se consideran estadísticamente significativos al nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado(pred)
0.182832	87.50%	78.58%	11.19%

Anexo 23: Análisis de varianza del contenido de proteína para la galleta control y óptima

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor (T0 – T2)	1	5.28282	5.28282	954.73	0.000
Error	4	0.02213	0.00553		
Total	5	5.30495			

Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos (T0 y T2) para proteína.

Factor	N	Media	Agrupación
T2	3	10.4233	A
T0	3	8.5467	B

Anexo 24: Evaluación mediante Análisis de Varianza del Contenido de Hierro en la elaboración de la galleta.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	43.0406	8.6081	9.55	0.005
Lineal	2	32.8553	16.4277	18.23	0.002
A: Harina de trigo	1	1.1445	1.1445	1.27	0.297
B: Harina de cushuro	1	31.7109	31.7109	35.19	0.001
Cuadrado	2	8.0473	4.0236	4.46	0.056
A*A	1	6.3956	6.3956	7.10	0.032
B*B	1	2.5730	2.5730	2.86	0.135
Interacción de 2 factores	1	2.1379	2.1379	2.37	0.167
A*B	1	2.1379	2.1379	2.37	0.167
Error	7	6.3082	0.9012		
Falta de ajuste	3	6.3081	2.1027	308718.38	0.000
Error puro	4	0.0000	0.0000		
Total	12	49.3487			

Nota: Los resultados se consideran estadísticamente significativos al nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado(pred)
0.949298	87.22%	78.09%	9.10%

Anexo 25: Análisis de varianza del contenido de Hierro para la galleta control y optima

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor (T0 – T2)	1	75.8850	75.8850	2396369.71	0.000
Error	4	0.0001	0.0000		
Total	5	75.8852			

Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos (T0 y T2) para hierro.

Factor	N	Media	Agrupación
T2	3	10.1520	A
T0	3	3.03933	B

Anexo 26: Evaluación mediante Análisis de Varianza del Contenido de Humedad en la elaboración de la galleta.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	8.3965	1.67930	4.69	0.034
Lineal	2	0.2308	0.11540	0.32	0.735
A: Harina de trigo	1	0.0364	0.03638	0.10	0.759
B: Harina de cushuro	1	0.1944	0.19442	0.54	0.485
Cuadrado	2	4.8715	2.43573	6.80	0.023
A*A	1	3.0602	3.06018	8.55	0.022
B*B	1	2.4414	2.44144	6.82	0.035
Interacción de 2 factores	1	3.2942	3.29422	9.20	0.019
A*B	1	3.2942	3.29422	9.20	0.019
Error	7	2.5058	0.35797		
Falta de ajuste	3	2.5050	0.83501	4369.25	0.000
Error puro	4	0.0008	0.00019		
Total	12	10.9023			

Nota: Los resultados se consideran estadísticamente significativos al nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado(pred)
0.598307	77.02%	60.60%	0.00%

Anexo 27: Análisis de varianza del contenido de Humedad para la galleta control y optima

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor (T0 – T2)	1	0.51042	0.510417	201.48	0.000
Error	4	0.01013	0.002533		
Total	5	0.52055			

Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos (T0 y T2) para humedad.

Factor	N	Media	Agrupación
T2	3	4.3067	A
T0	3	3.7233	B

Anexo 28: Evaluación mediante Análisis de Varianza del Contenido de Cenizas en la elaboración de la galleta.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	0.283476	0.056695	4.40	0.039
Lineal	2	0.262609	0.131304	10.19	0.008
A: Harina de trigo	1	0.028885	0.028885	2.24	0.178
B: Harina de cushuro	1	0.233723	0.233723	18.14	0.004
Cuadrado	2	0.018198	0.009099	0.71	0.526
A*A	1	0.015696	0.015696	1.22	0.306
B*B	1	0.004348	0.004348	0.34	0.579
Interacción de 2 factores	1	0.002669	0.002669	0.21	0.663
A*B	1	0.002669	0.002669	0.21	0.663
Error	7	0.090180	0.012883		
Falta de ajuste	3	0.089891	0.029964	414.88	0.000
Error puro	4	0.000289	0.000072		
Total	12	0.373656			

Nota: Los resultados se consideran estadísticamente significativos al nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado(pred)
0.113503	75.87%	58.63%	0.00%

Anexo 29: Análisis de varianza del contenido de Ceniza para la galleta control y optima

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor (T0 – T2)	1	1.79307	1.79307	611.27	0.000
Error	4	0.01173	0.00293		
Total	5	1.80480			

Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos (T0 y T2) para ceniza.

Factor	N	Media	Agrupación
T2	3	2.2567	A
T0	3	1.16333	B

Anexo 30: Resultados del análisis de la prueba de Friedman para el atributo color.

Tratamiento	N	Mediana	Suma de clasificación
T0	120	4.375	364.5
T2	120	3.875	235.5
T4	120	4.125	322.0
T8	120	4.125	278.0
General	480	4.125	

Estadístico de prueba de Friedman para el color

Método	GL	Chi-cuadrada	Valor p
No ajustado para empates	3	46.44	0.000
Ajustado para empates	3	84.96	0.000

Anexo 31: Resultados del análisis de la prueba de Friedman para el atributo olor.

Tratamiento	N	Mediana	Suma de clasificación
T0	120	4.5	332.0
T2	120	4.5	235.0
T4	120	4.5	329.5
T8	120	4.5	303.5
General	480	4.5	

Estadístico de prueba de Friedman para el olor

Método	GL	Chi-cuadrada	Valor p
No ajustado para empates	3	30.66	0.000
Ajustado para empates	3	54.91	0.000

Anexo 32: Resultados del análisis de la prueba de Friedman para el atributo sabor.

Tratamiento	N	Mediana	Suma de clasificación
T0	120	5	340.0
T2	120	5	308.5
T4	120	5	262.0
T8	120	5	289.5
General	480	5	

Estadístico de prueba de Friedman para el sabor

Método	GL	Chi-cuadrada	Valor p
No ajustado para empates	3	16.13	0.001
Ajustado para empates	3	31.63	0.000

Anexo 33: Resultados del análisis de la prueba de Friedman para el atributo Textura.

Tratamiento	N	Mediana	Suma de clasificación
T0	120	4.5	325.0
T2	120	4.5	258.0
T4	120	4.5	318.5
T8	120	4.5	298.5
General	480	4.5	

Estadístico de prueba de Friedman para la textura

Método	GL	Chi-cuadrada	Valor p
No ajustado para empates	3	13.67	0.003
Ajustado para empates	3	24.52	0.000

Anexo 34: Resultados de análisis de la prueba de Friedman para el atributo de apariencia general.

Tratamiento	N	Mediana	Suma de clasificación
T0	120	5	336.0
T2	120	5	251.5
T4	120	5	319.5
T8	120	5	293.0
General	480	5	

Estadístico de prueba de Friedman para la apariencia general

Método	GL	Chi-cuadrada	Valor p
No ajustado para empates	3	20.39	0.000
Ajustado para empates	3	41.05	0.000



INFORME 011-2023/Lab. Catálisis y Adsorbentes-UNSAAC.

Solicitante : Bach. Luz Clarita Rafael Mendoza

Título de Proyecto : Formulación y evaluación físicoquímica, sensorial y vida útil de galletas parcialmente sustituidas con harina de cushuro (*Nostoc Sphaericum*), edulcoradas con stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni)

Nombre de la Muestra : Galletas a base de harina de cushuro
 Código : T (tratamientos).

Forma de presentación : Bolsa hermética con cierre.

Tipo de Análisis : Análisis Proximal

Inicio de Análisis : 19/09/2023
 Término de Análisis : 29/09/2023

RESULTADOS :

CODIGO	PARAMETRO	RESULTADO		
		R1	R2	R3
T1	Proteínas	9.33%	9.23%	9.18%
	Humedad	2.71%	2.68%	2.69%
	Cenizas	1.82%	1.75%	1.80%
	Hierro (mg/100g)	3.430	3.434	3.436
T2	Proteínas	10.40%	10.48%	10.39%
	Humedad	4.34%	4.33%	4.25%
	Cenizas	2.26%	2.33%	2.18%
	Hierro (mg/100g)	10.160	10.145	10.151
T3	Proteínas	8.90%	8.96%	9.01%
	Humedad	4.34%	4.25%	4.33%
	Cenizas	2.01%	2.08%	2.05%
	Hierro (mg/100g)	3.392	3.392	3.392
T4	Proteínas	9.92%	9.87%	9.84%
	Humedad	2.31%	2.22%	2.34%
	Cenizas	2.40%	2.45%	2.38%
	Hierro (mg/100g)	7.187	7.186	7.186
T5	Proteínas	9.75%	9.79%	9.80%
	Humedad	1.95%	1.89%	1.96%
	Cenizas	1.88%	1.98%	1.97%
	Hierro (mg/100g)	4.711	4.712	4.711



T6	Proteínas	9.52%	9.78%	9.24%
	Humedad	2.53%	2.59%	2.68%
	Cenizas	1.95%	2.04%	1.99%
	Hierro (mg/100g)	4.699	4.696	4.699
T7	Proteínas	9.23%	9.35%	9.17%
	Humedad	2.69%	2.68%	2.75%
	Cenizas	1.78%	1.68%	1.74%
	Hierro (mg/100g)	3.491	3.492	3.492
T8	Proteínas	9.85%	9.79%	9.84%
	Humedad	2.10%	2.12%	2.11%
	Cenizas	2.11%	2.12%	2.10%
	Hierro (mg/100g)	7.318	7.322	7.321
T9	Proteínas	9.95%	9.98%	9.95%
	Humedad	4.19%	4.12%	4.02%
	Cenizas	1.94%	1.99%	1.93%
	Hierro (mg/100g)	7.110	7.111	7.113
T10	Proteínas	9.96%	9.94%	9.95%
	Humedad	4.15%	4.10%	4.12%
	Cenizas	1.95%	1.98%	1.99%
	Hierro (mg/100g)	7.120	7.110	7.111
T11	Proteínas	9.98%	9.91%	9.94%
	Humedad	4.18%	4.12%	4.05%
	Cenizas	1.99%	1.98%	1.94%
	Hierro (mg/100g)	7.112	7.120	7.121
T12	Proteínas	9.96%	9.94%	9.97%
	Humedad	4.12%	4.15%	4.10%
	Cenizas	1.94%	1.95%	1.98%
	Hierro (mg/100g)	7.120	7.120	7.111
T13	Proteínas	9.97%	9.95%	9.96%
	Humedad	4.12%	4.17%	4.15%
	Cenizas	1.95%	1.98%	1.96%
	Hierro (mg/100g)	7.113	7.120	7.115
T0 (Control)	Proteínas	8.52%	8.65%	8.47%
	Humedad	3.78%	3.71%	3.68%
	Cenizas	1.15%	1.18%	1.16%
	Hierro (mg/100g)	3.037	3.039	3.042

Nota: Los resultados obtenidos son proximales.

De los resultados del que se da constancia.

