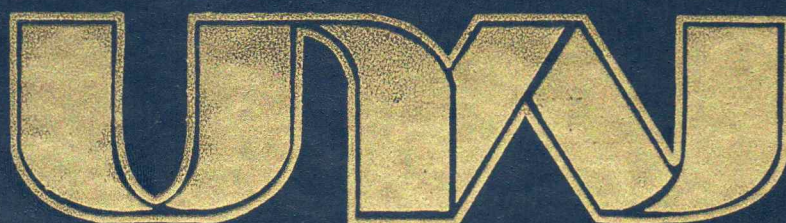


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE
TRIGO POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*)
Y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)
EN GALLETAS DULCES

Ana María Benavente Quilla
Gloria Mabel Surco Mamani

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor: M.Sc. Adalht Jhony Arisaca Parillo
Co-Asesor: Dr. Julio Machaca Yana



Juliaca, 2025



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



EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE
TRIGO POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*)
Y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)
EN GALLETAS DULCES

Ana María Benavente Quilla
Gloria Mabel Surco Mamani

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo
Co-Asesor: Dr. Julio Machaca Yana



Juliaca, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN

INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE
TRIGO POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*)**

Y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

EN GALLETAS DULCES

Ana María Benavente Quilla

Gloria Mabel Surco Mamani

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

Co-Asesor: Dr. Julio Machaca Yana

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Benavente, A. y Surco, G. (2025). *Evaluación de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro (Nostoc sphaericum) y cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en galletas dulces*. [Tesis de pregrado en ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca]. Juliaca.

AUTOR: Ana María Benavente Quilla

Gloria Mabel Surco Mamani

TÍTULO: Evaluación de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en galletas dulces.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2025

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (149 pp)

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

CÓDIGO: 03-000040-03/B22

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

CO - ASESOR: Dr. Julio Machaca Yana

PALABRAS CLAVE: Sustitución parcial de harina, compuestos fenólicos, galleta dulce.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**“EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE
TRIGO POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*)
Y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN
GALLETAS DULCES”**

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

Presentada por:

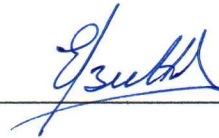
ANA MARÍA BENAVENTE QUILLA

GLORIA MABEL SURCO MAMANI

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

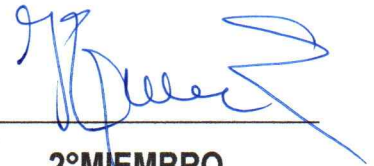
D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

PRESIDENTE DE JURADO



M.Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos

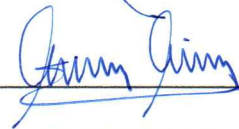
JURADO (secretario)



2° MIEMBRO

Mgtr. Mateo Quispe Capajaña

JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO

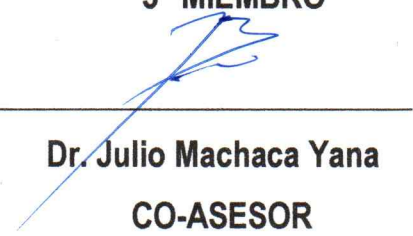
M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

ASESOR DE TESIS



Dr. Julio Machaca Yana

CO-ASESOR



Ana María - Gloria Mabel Benavente Quilla - Surco...



TEVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) Y

Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:470919613

Fecha de entrega

30 jun 2025, 7:18 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

30 jun 2025, 7:23 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS PARAFRASEADO ORIGINAL 16-06-25.pdf

Tamaño de archivo

51.4 MB

149 Páginas




11.129 Palabras

38.774 Caracteres

15% Similitud general

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

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 12%  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

Con un profundo agradecimiento, dedico esta tesis a Dios, por su orientación y fortaleza en cada etapa de este viaje, así como por regalarme vida y salud. A mis padres, Raúl Benavente Canaza y Simona Quilla Ticona, les agradezco su amor incondicional, su continuo apoyo y los sacrificios que han hecho para asegurar mi educación y desarrollo personal.

A mi hermana, Ana Elizabeth Benavente Quilla, le expreso mi gratitud por su compañía, comprensión y aliento en los momentos difíciles. Su presencia ha sido una fuente constante de inspiración y motivación.

Ana María Benavente Quilla

Dedico este reconocimiento a mis padres, Nicolás Surco Condori y Trinidad Mamani Apaza, quienes han sido fundamentales en mi desarrollo personal. Gran parte de mis logros, incluyendo mi tesis, son gracias a ustedes. Me han inculcado valores esenciales y me han enseñado a ser perseverante, valiente y responsable. Aprecio profundamente sus consejos sobre la importancia de luchar por mis sueños y superar las adversidades que se presentan en la vida.

A mis hermanas y hermano, les agradezco por su apoyo moral y el amor incondicional que me brindaron en los momentos más difíciles de mi vida.

Gloria Mabel Surco Mamani

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por guiarnos en este largo camino, por protegernos, darnos salud y fortalecer nuestro espíritu, permitiéndonos alcanzar esta etapa de nuestra formación profesional.

Extendemos nuestro agradecimiento a nuestra alma mater, la Universidad Nacional de Juliaca, y en particular a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por brindarnos los espacios y conocimientos necesarios para nuestro desarrollo. También agradecemos sinceramente a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por transformar cada clase en una valiosa oportunidad de aprendizaje en nuestra formación profesional.

Queremos expresar nuestro agradecimiento sincero a M.Sc. Adalith Jhony Arisaca Parillo. Apreciamos profundamente su gran paciencia, dedicación, apoyo y valiosos consejos a lo largo de todo este proceso.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1. Problema General.....	5
1.1.2. Problemas específicos.....	5
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	8
2.2. GALLETA.....	10

2.2.1.	Generalidades de galletas	10
2.2.2.	Clasificación de galletas	11
2.2.3.	Propiedades fisicoquímicas y microbiológicas para galletas	11
2.2.4.	Características Organolépticas	12
2.3.	CUSHURO.....	12
2.3.1.	Generalidades del Cushuro (<i>Nostoc sphaericum</i>)	12
2.3.2.	Clasificación taxonómica.	16
2.3.3.	Análisis químico bromatológico	17
2.3.4.	Cushuro en productos alimenticios	18
2.3.5.	Cushuro como estabilizante.....	18
2.4.	CAÑIHUA.....	18
2.4.1.	Generalidades	18
2.4.2.	Variedades	20
2.4.3.	Composición química y nutricional de la cañihua	20
2.5.	METODOLOGÍAS SENSORIALES.....	22
2.6.	Optimización de Diseños experimentales en procesos tecnológicos	23
2.6.1.	Método de superficie de respuesta	23
2.6.2.	Método de Diseño de Mezclas	24
2.7.	Estudio de vida útil.....	25
2.7.1.	Diseño del estudio de vida útil	26

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	27
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRAS.....	27
3.2.1.	Insumos	28

3.2.2.	Equipos e instrumentos	28
3.2.3.	Reactivos	28
3.3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.3.1.	Metodología para la obtención de harina de cushuro.....	29
3.3.2.	Metodología para la obtención de harina de cañihua	31
3.3.3.	Metodología para la obtención de la galleta con sustitución parcial.....	32
3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL POR OBJETIVOS.....	34
3.4.1.	Para el objetivo 1	34
3.4.2.	Para el objetivo 2	39
3.4.3.	Para el objetivo 3	42
3.5.	HIPÓTESIS	46
3.5.1.	Hipótesis general	46
3.5.2.	Hipótesis específicas	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA	47
4.2.	DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN ADECUADA DE HARINA DE CUSHURO Y CAÑIHUA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE HARINA DE TRIGO EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES EN RELACIÓN A LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL	48
4.2.1.	Evaluación de la aceptabilidad sensorial de la galleta en jueces niños	49
4.2.2.	Evaluación de la aceptabilidad sensorial de la galleta en jueces adultos	63
4.3.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, OLIGOELEMENTOS Y COMPUESTOS FENÓLICOS DE UNA GALLETA DULCE ELABORADA A PARTIR DE HARINA DE	

	CUSHURO Y CAÑIHUA CON MAYOR ACEPTABILIDAD SENSORIAL.....	67
4.4.	EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL DE UNA GALLETA DULCE A BASE DE HARINA DE CUSHURO Y CAÑIHUA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE HARINA DE TRIGO DE LA MUESTRA CON MAYOR ACEPTABILIDAD SENSORIAL.....	72

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES.....	79
5.2.	RECOMENDACIONES	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	ANEXOS.....	91

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Criterios fisicoquímicos de las galletas según RM N° 1020 – 2010/MINSA.	12
Tabla 2: Criterios microbiológicos de las galletas según RM N° 1020 – 2010/MINSA.	12
Tabla 3: Contenido de proteínas en 100 g de (<i>Nostoc sphaericum</i>) pulverizado procedente de la laguna de Conococha (Catac – Huaraz).	15
Tabla 4: Contenido de Hierro en 100g de (<i>Nostoc sphaericum</i>) pulverizado procedente de la laguna de Conococha (Catac – Huaraz).	15
Tabla 5: Contenido de Calcio en 100g de (<i>Nostoc sphaericum</i>) pulverizado procedente de la laguna de Conococha (Catac – Huaraz).	15
Tabla 6: Composición proximal del Nostoc.	15
Tabla 7: Contenido de minerales en el Nostoc.	16
Tabla 8: Requisitos químicos proximal de cañihua.	21
Tabla 9: Composición química proximal de las tres variedades de cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).	21
Tabla 10: Contenido de minerales de cereales y granos andinos.	22
Tabla 11: Límites bajos y altos de las harinas en estudio.	36
Tabla 12: Tratamientos con diseño de mezclas simplex con centroide.	37
Tabla 13: Formulación base para la obtención de galletas dulces.	38
Tabla 14: Composición química proximal de harina de cushuro.	47
Tabla 15: Composición química proximal de harina de cañihua.	48
Tabla 16: Resultado de aceptabilidad sensorial para los diez tratamientos de galletas con sustitución parcial en jueces niños.	49
Tabla 17: Resultado de calificación para los atributos de las galletas dulces en jueces niños.	62
Tabla 18: Promedio de calificación de los tratamientos en la elaboración de galletas dulces en jueces niños.	63

Tabla 19: Resultado de aceptabilidad para los diez tratamientos de galletas con sustitución parcial en jueces adultos.....	64
Tabla 20: Análisis de las características fisicoquímicas, oligoelementos y compuestos fenólicos de la galleta con mayor aceptabilidad.	68
Tabla 21: Variación de los porcentajes de humedad de las galletas a 10°C, 25°C y 40°C.....	72
Tabla 22: Orden de los datos respecto a la humedad.	74
Tabla 23: Valores de K lineales a distintas temperaturas.....	74
Tabla 25: Porcentaje de humedad de las galletas en las diferentes temperaturas de almacenamiento.	77
Tabla 26: Análisis Microbiológico de las galletas con mayor aceptabilidad almacenadas a 10°C, 25°C y 40°C.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cushuro (<i>Nostoc sphaericum</i>).....	17
Figura 2: Clasificación general de las pruebas sensoriales.....	23
Figura 3: Diseño Simplex con Centroide para un experimento de mezcla con tres componentes.....	25
Figura 4: Flujograma de procesamiento para la obtención de harina de cushuro.....	29
Figura 5: Flujograma de procesamiento para la obtención de harina de cañihua.....	31
Figura 6: Flujograma de procesamiento para la elaboración de galletas dulces.....	33
Figura 7: Diagrama experimental para la obtención de la galleta con mayor aceptabilidad.....	35
Figura 8: Diagrama experimental para los análisis de la galleta con mayor aceptabilidad.....	40
Figura 9: Diagrama experimental para la determinación de vida útil de la galleta.....	43
Figura 10: Aceptabilidad de acuerdo al atributo color en la galleta.....	50
Figura 11: Gráfica de contorno del atributo color.....	51
Figura 12: Gráfica de superficie de respuesta del atributo color.....	51
Figura 13: Aceptabilidad de acuerdo al atributo olor en la galleta.....	53
Figura 14: Gráfica de contorno del atributo olor.....	54
Figura 15: Gráfica de superficie de respuesta del atributo olor.....	54
Figura 16: Aceptabilidad de acuerdo al atributo sabor en la galleta.....	56
Figura 17: Gráfica de contorno del atributo sabor.....	57
Figura 18: Gráfica de superficie de respuesta del atributo sabor.....	57
Figura 19: Aceptabilidad de acuerdo al atributo textura en la galleta.....	59
Figura 20: Gráfica de contorno del atributo textura.....	60
Figura 21: Gráfica de superficie de respuesta del atributo textura.....	60
Figura 22: Diagrama de aceptabilidad sensorial de los tratamientos en jueces adultos.....	65
Figura 23: Gráfica de contorno de aceptabilidad en adultos.....	66
Figura 24: Gráfica de Superficie de respuesta de aceptabilidad en adultos.....	66
Figura 25: variación de humedad 10°C en función de los días.....	73
Figura 26: Variación de humedad 25°C en función de los días.....	73

Figura 27: Variación de humedad 40°C en función de los días.....	73
Figura 28: Temperaturas vs constante K.....	75
Figura 29: Diagrama de caja de la diferencia de medias para el porcentaje de la humedad durante el proceso de experimentación	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de aceptación sensorial (niños).....	91
Anexo 2: Ficha de aceptación sensorial (adultos)	92
Anexo 3: Certificados de Laboratorio	93
Anexo 4: Panel fotográfico	95
Anexo 5: Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en el atributo color	98
Anexo 6: Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en el atributo olor	102
Anexo 7: Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en el atributo sabor	107
Anexo 8. Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en el atributo textura	111
Anexo 9. Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en jueces adultos	116
Anexo 10. Análisis de varianza para los modelos predictivos en el atributo color para jueces niños	120
Anexo 11. Análisis de varianza para los modelos predictivos en el atributo olor para jueces niños	120
Anexo 12. Análisis de varianza para los modelos predictivos en el atributo sabor para jueces niños.....	120
Anexo 13. Análisis de varianza para los modelos predictivos en el atributo textura para jueces niños	121
Anexo 14. Análisis de varianza para los modelos predictivos de la apariencia general de galletas para jueces adultos.....	121
Anexo 15: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en el atributo color.....	122
Anexo 16: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en el atributo olor.....	122
Anexo 17: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en el atributo sabor.....	122
Anexo 18: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en el atributo textura	123

Anexo 19: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en la apariencia general de las galletas en jueces adultos.	123
Anexo 20: Diferencia de Medias del promedio de calificación de los tratamientos en la elaboración de galletas dulces en jueces niños.	123
Anexo 21: Diferencia de medias en los criterios de calificación galletas dulces en jueces adultos con método tukey y una confianza de 95%.	124
Anexo 22: Determinación de Humedad.	124
Anexo 23: Determinación de acidez.	124
Anexo 24: Determinación de pH.	125
Anexo 25: Determinación de proteína.	125
Anexo 26: Determinación de cenizas totales.	126
Anexo 27: Determinación de fibra cruda.	126
Anexo 28: Determinación de carbohidratos.	127
Anexo 29: Determinación de grasa.	127
Anexo 30: Determinación de índice de peróxido.	128
Anexo 31: Determinación de calcio.	129
Anexo 32: Determinación de hierro.	130
Anexo 33: Determinación de compuestos fenólicos.	130
Anexo 34: Balance de materia para la obtención de harina de cushuro.	131
Anexo 35: Balance de materia para la obtención de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro y cañihua.	132

RESUMEN

En años recientes, la industria de las galletas ha integrado cereales y granos andinos en sus productos para mejorar su valor nutricional. Sin embargo, se desconoce el potencial de las algas, como el cushuro (*Nostoc sphaericum*), como sustituto en galletas dulces. El objetivo de la investigación es evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina cushuro y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la aceptabilidad sensorial, características fisicoquímicas, oligoelementos, compuestos fenólicos y vida útil de una galleta dulce. La metodología empleada tuvo un enfoque experimental. Para la sustitución parcial de harinas, se utilizó un diseño de mezclas Simplex con Centroides, basado en 10 tratamientos que incluyeron tres factores. La aceptación de las galletas fue evaluada por jueces consumidores, tanto niños como adultos. El tratamiento con mayor aceptación fue la muestra T7, compuesta por un 10% de harina de trigo, un 10% de harina de cushuro y un 5% de harina de cañihua. Esta combinación permitió obtener una galleta con un contenido de 18,09% de proteína, 52,05% de carbohidratos, 480,31 Kcal / 100gr de energía, 213,37 mg de calcio, 23,27 mg de hierro y 81,47 mg de compuestos fenólicos. El estudio de vida útil reveló que las galletas con un 12% de humedad presentaron una duración de 148 días a 10°C, 138 días a 25°C y 134 días a 40°C. Además, el análisis microbiológico realizado tras el almacenamiento confirma la ausencia de moho. Se concluyó que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro y cañihua mejora significativamente el perfil nutricional de las galletas dulces. Los análisis fisicoquímicos, oligoelementos, compuestos fenólicos y microbiológicos cumplieron con los límites establecidos por el MINSA. Asimismo, la temperatura óptima de almacenamiento de la galleta fue el de 10°C.

Palabras Clave: Sustitución parcial de harina, compuestos fenólicos, galleta dulce.

ABSTRACT

In recent years, the cookie industry has integrated Andean cereals and grains into its products to improve their nutritional value. However, the potential of algae, such as cushuro (*Nostoc sphaericum*), as a substitute in sweet cookies is unknown. The objective of the research is to evaluate the effect of the partial substitution of wheat flour by cushuro flour and cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) on the sensory acceptability, physicochemical characteristics, trace elements, phenolic compounds and shelf life of a sweet cookie. The methodology employed had an experimental approach. For the partial substitution of flours, a Simplex mixture design with Centroid was used, based on 10 treatments that included three factors. The acceptance of the cookies was evaluated by consumer judges, both children and adults. The treatment with the highest acceptance was sample T7, composed of 10% wheat flour, 10% cushuro flour and 5% cañihua flour. This combination yielded a cookie with a content of 18.09% protein, 52.05% carbohydrates, 480.31 Kcal/100 g of energy, 213.37 mg of calcium, 23.27 mg of iron and 81.47 mg of phenolic compounds. The shelf life study revealed that the cookies with 12% humidity presented a shelf life of 148 days at 10°C, 138 days at 25°C and 134 days at 40°C. In addition, microbiological analysis after storage confirmed the absence of mold. It was concluded that the partial substitution of wheat flour with cushuro and cañihua flour significantly improves the nutritional profile of the sweet cookies. The physicochemical, trace elements, phenolic compounds and microbiological analyses complied with the limits established by MINSA. Likewise, the optimum storage temperature of the cookie was 10°C.

Keywords: Partial flour substitution, phenolic compounds, sweet cookie.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la población enfrenta diversos problemas relacionados con la alimentación. Esto es causado por una serie de factores, siendo el más notable el consumo de alimentos con escaso valor nutricional. Esto impacta el funcionamiento adecuado del organismo, y es ampliamente conocido que la anemia y la desnutrición constituyen problemas significativos que afectan a la salud pública. Reyes *et al.* (2019). En Perú, un 43, 5% de los niños que tienen entre 6 y 35 meses sufre de anemia, y el 51. 1% de estos casos se encuentra en áreas rurales. Arroyo (2017). Según el INEI (2022), en la Región Puno, la tasa de anemia en niños de menos de cinco años fue la más elevada a diferencia de otros departamentos en el año 2021, llegando a representar el 70.4%.

Debido a estas razones, actualmente, la inclinación de las personas por comer de manera saludable motiva a los consumidores a buscar alternativas que enriquezcan su alimentación sin comprometer el sabor ni la comodidad de adquisición. Murillo y Rodríguez (2018). Esto no es ajeno a la industria galletera, que elabora productos procesados con bajos niveles de nutrientes, de ahí surge la necesidad en reemplazar estos alimentos con altos niveles de azúcares refinados, sodio y aditivos por productos naturales que contengan más nutrientes, por ello, es importante que la industria alimentaria desarrolle galletas con un alto valor nutricional en especial en oligoelementos y compuestos fenólicos, dichos elementos ayudarán a combatir la desnutrición y tener opciones de alimentos funcionales, y más aún si provienen de productos de la zona altoandina.

Paucar (2014), menciona que las galletas son productos de consumo masivo y son bien aceptados por todas las edades y se le puede dar un valor agregado que permita cumplir con sus requerimientos diarios de nutrientes. En Perú, cada persona consume 4.1 kg de galletas al año, lo que es similar a Chile y menos que Argentina y Brasil, quienes son los mayores consumidores de la región con 5 kg y 6.7 kg. (Andina, 2012).

Por otra parte, el cushuro ha ganado importancia en la comunidad científica debido a su contenido de antioxidantes, proteínas, vitaminas, hierro, calcio y una mayor cantidad de aminoácidos esenciales, favoreciendo su transformación en productos hidrobiológicos, néctares, geles, gomas como suplemento alimenticio, entre otros, sin embargo, se desconoce la mezcla de esta alga con granos andinos. Por su parte, Zabaleta (2017), menciona que el cushuro es una cianobacteria cuyas colonias crecen en las lagunas y charcos de los Andes.

Aunque su extracción es sencilla, su consumo es bajo esto se debe a la falta de conocimiento en la población.

La incorporación de granos andinos a nuevas matrices alimentarias no es una novedad, pero se abren nuevas alternativas al mezclarlas con otras fuentes alimentarias, siendo una alternativa para incrementar el valor nutricional, así mismo proporcionar efectos positivos en las características sensoriales del producto (Stikic *et al.*, 2012). Según el INEI en Perú, el consumo de granos andinos utilizados en la producción de snacks como galletas o barras energéticas aumento de 0.6 kg en 2009 a 2.3 kg en 2019.

El objetivo fundamental de este estudio es analizar cómo la sustitución parcial de harina de trigo con harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) afecta la aceptabilidad sensorial, las propiedades fisicoquímicas, la concentración de oligoelementos, el contenido de compuestos fenólicos y la vida útil de una galleta dulce.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día, la seguridad alimentaria ha experimentado cambios significativos como resultado del crecimiento poblacional y las modificaciones en su alimentación. La mayoría de las personas consume alimentos rápidos y de fácil acceso, lo que puede afectar negativamente la salud, especialmente en niños, dado que muchos de estos productos no tienen valor nutricional. En este contexto, la desnutrición y la anemia representan problemas nutricionales extremadamente graves a nivel global, afectando a unos 200 millones de niños. Además, al menos 340 millones de niños padecen deficiencias de vitaminas y minerales, lo que se conoce como "hambre oculta". Mientras tanto, más de 40 millones de niños menores de cinco años están afectados por el sobrepeso y la obesidad sigue en aumento, incluso en los países con menores ingresos, lo que pone en peligro la supervivencia. (MINSA, 2016).

De acuerdo con el INEI, a nivel nacional, la desnutrición crónica infantil alcanzó el 19.5% en 2011 y disminuyó al 18.1% en 2012. No obstante, estos datos no reflejan la realidad en muchas regiones y áreas rurales empobrecidas, donde las tasas son extremadamente altas. Por ejemplo, el 82% de los niños ashánincas padecen de desnutrición crónica infantil, y en la región Loreto, la tasa es del 33%. Las regiones mineras también muestran cifras preocupantes: Huancavelica con un 52%, Cajamarca con un 36%, Apurímac con un 31% y Ayacucho con un 37%. En las zonas rurales, la desnutrición es más del triple que en las urbanas (10.1%), alcanzando el 35% en la Sierra.

En Perú, el 43.5% de los niños de 6 a 35 meses padecen anemia, siendo las zonas rurales donde se presenta la mayor incidencia, donde la cifra alcanza el 51.1% (Arroyo, 2017).

Según el INEI (2022), en la Región Puno la tasa de anemia en niños menores de cinco años fue la más alta a diferencia de otros departamentos en el año 2021, llegando a representar el 70.4%.

Uno de los principales desafíos en el Perú es la desnutrición, que obstaculiza el desarrollo infantil. Por eso, es fundamental ofrecer alimentos accesibles y económicos en áreas clave. Las galletas de trigo, por ejemplo, proporcionan más nutrientes a la población global que muchas otras fuentes alimenticias simples. Existen numerosos alimentos ricos en nutrientes y proteínas que aún no son ampliamente conocidos por los consumidores. Actualmente, el país enfrenta elevados índices de desnutrición, y muchos niños padecen anemia en condiciones de gran vulnerabilidad. El gobierno debe fomentar el consumo de alimentos saludables mediante programas de apoyo social, incentivando la ingesta de productos innovadores con altos niveles de nutrientes y proteínas.

En este marco, la introducción de productos nuevos que son ricos en nutrientes y fáciles de obtener ha orientado las fuentes nutricionales hacia el mercado de las galletas. Actualmente, este mercado está compuesto en un 60% por galletas dulces y un 40% por galletas saladas (Capurro y Huerta, 2016). En Perú, el sector de las galletas se distingue por su gran nivel de innovación y el lanzamiento frecuente de nuevos productos, destacando la incorporación de diferentes sabores, especialmente en las galletas dulces, gracias a su diversidad y sencillez en la producción.

Calixto y Lazo (2017). Señalan que la industria de alimentos está enfocada en fomentar la salud y prevenir enfermedades. Con este objetivo, se están elaborando alimentos con pocas calorías y bajo contenido graso, sin comprometer sus cualidades nutricionales. Neyra (2014), menciona que el Nostoc es una cianobacteria comestible, estudios hablan sobre su alto valor proteico, y el alto contenido de calcio en su composición, esta cianobacteria debe ser mejor aprovechada en el consumo y para mejorar la calidad nutricional de los alimentos brindados a los niños de la región, ya que es un alimento de bajo costo, de buena producción, y biodisponibilidad en la región, actualmente no se conoce con precisión los beneficios de este alimento, es por ello la importancia de estudiar más a fondo esta cianobacteria.

Uno de los productos emergentes con gran potencial para ser incorporado o sustituirlo en alimentos es el cushuro (*Nostoc sphaericum*). Esta alga, considerada como el alimento del futuro, se distingue por un abundante aporte de oligoelementos, proteínas y minerales esenciales como el calcio y el hierro. De manera similar, la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) destaca por su alto nivel de proteínas, calcio, hierro, ácidos grasos y omega-3. Ambos productos, nativos de la región, no están siendo utilizados de manera óptima por la población.

Debido a las razones mencionadas en los párrafos anteriores, se han formulado las siguientes interrogantes:

1.1.1. Problema General

- ¿Cuál será el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la aceptabilidad sensorial, características fisicoquímicas, oligoelementos, compuestos fenólicos y vida útil de una galleta dulce?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la formulación adecuada de una galleta dulce a partir de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo con relación a la aceptabilidad sensorial?
- ¿De qué manera influye el porcentaje de sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro y cañihua en las características fisicoquímicas, oligoelementos y compuestos fenólicos de una galleta dulce con mayor aceptabilidad sensorial?
- ¿Cuál será la vida útil de una galleta dulce a base de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo de la muestra con mayor aceptabilidad sensorial?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la aceptabilidad sensorial, características fisicoquímicas, oligoelementos, compuestos fenólicos y vida útil de una galleta dulce.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la formulación adecuada de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo en la elaboración de galletas dulces en relación a la aceptabilidad sensorial.
- Evaluar las características fisicoquímicas, oligoelementos y compuestos fenólicos de una galleta dulce elaborada a partir de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo con mayor aceptabilidad sensorial.

- Evaluar la vida útil de una galleta dulce a base de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo de la muestra con mayor aceptabilidad sensorial.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Tener una dieta balanceada y poder conseguir alimentos nutritivos son esenciales para la salud y el bienestar. Varios estudios confirman que una alimentación adecuada es clave para la salud humana. No obstante, en nuestro país, la escasez de alimentos diversos ha provocado desnutrición crónica y deficiencias nutricionales, como la anemia por falta de hierro y la carencia de micronutrientes. Por otro lado, el consumo excesivo de alimentos, otro tipo de malnutrición ha generado un aumento en los casos de obesidad, la cual se considera una enfermedad en sí misma y representa un riesgo para varias enfermedades crónicas no transmisibles, como el cáncer, la diabetes, enfermedades cardiovasculares y la hipertensión.

Los productos de panadería aportan una cantidad significativa de calorías a las personas con bajos recursos económicos y son un componente clave de la dieta en Perú. Sin embargo, su perfil nutricional indica que la calidad de sus proteínas es insuficiente, principalmente por su bajo contenido de lisina y treonina. A nivel global, la harina de cushuro y cañihua se ha utilizado con éxito para enriquecer productos de panadería, pero en el caso de Perú, hay pocas investigaciones en este ámbito. Los reportes sobre el estado nutricional en el país señalan que los pequeños de menos de 6 años están en un grupo vulnerable, lo que hace indispensable enfocar los esfuerzos en mejorar su nutrición.

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) informó que el 12 de julio de 2023, el Congreso de la República aprobó la ley 31825, la cual fomenta la investigación, producción y consumo del Nostoc, conocido como cushuro, y modificó la ley 28477. Esta ley anterior declara que los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres utilizadas son patrimonio cultural de la Nación.

Ponce (2014), hace referencia a las propiedades curativas del Nostoc, incluida la inhibición de la formación de colesterol y tumores cancerosos debido a su contenido de nostocarbolina. El calcio presente interactúa con el fósforo para formar y fortalece los huesos, previniendo así la osteoporosis.

Además, estabiliza el sistema nervioso porque es rico en vitaminas B1, B2, B5 y B8, y sus proteínas fortalecen los músculos y ayudan a que el corazón y los nervios (Palomino, 2016).

Castellanos (2013), menciona que el cushuro también ayuda a la coagulación de la sangre, a superar la anemia y corrige el estreñimiento. En la ciudad de Cusco el Nostoc macerado y en líquido es usado para tratar la fiebre, sirve para detener el flujo menstrual excesivo, reduce la inflamación de los ojos y de los testículos, previene la gota y no engorda (Rodríguez, 2016). Además, se están investigando sus propiedades medicinales y su potencial en estudios futuros para combatir el cáncer y proteger contra los rayos UV, según Fernández y Suyón (2018).

Andina (2020), esta alga posee una alta concentración de proteínas, superando a la carne y el pescado, por ejemplo, duplica los valores de la kiwicha y la quinua. Contiene más calcio que la leche y más hierro que las lentejas, lo que contribuye a combatir la anemia y la desnutrición cuando se consume con regularidad. Además, esta cianobacteria ayuda a desintoxicar el cuerpo y aporta colágeno, esencial para mejorar la elasticidad de la piel y fortalecer el cabello.

En este estudio, se busca incrementar la calidad nutricional de las galletas dulces mediante la incorporación de harina de cushuro y cañihua. Al reemplazar en parte la harina de trigo, mejoran las características sensoriales y nutricionales del producto, incrementando su valor nutritivo. Esto contribuye a fortalecer la seguridad alimentaria en el país, al emplear insumos nacionales de alto valor nutricional y menor costo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Aguilar (2022), estudió como optimizar el tiempo de horneado y la formulación de galletas con Cushuro (*Nostoc sphaericum*) y harina de coronta de maíz morado (*Zea Mays L*). En este estudio, se consideraron como factores independientes los porcentajes de reemplazo de harina de cushuro, harina de coronta de maíz morado y el tiempo de horneado para lograr la mejor aceptación general del producto. Se llevó a cabo un análisis estadístico (DCCR), que incluyó 17 pruebas, con sustituciones que variaron entre el 2% y el 10% de harina de coronta de maíz morado, entre el 5% y el 19% de harina de cushuro, y tiempos de horneado de 8 a 30 minutos a 140°C. Se concluyó que una sustitución de harina de cushuro entre el 18% y el 20%, harina de coronta de maíz morado entre el 5.5% y el 7.5%, y un tiempo de horneado entre 17 y 20 minutos resultan en una aceptabilidad general superior a 8 puntos. Además, se observó que concentraciones más altas de harina de coronta de maíz morado reducen la aceptabilidad general.

Encomenderos (2019), realizó un estudio del efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) sobre las características físicoquímicas y sensoriales de galletas dulces en la Universidad de Privada Antenor Orrego. La investigación tuvo como propósito analizar el impacto de reemplazar harina de trigo con la harina de cañihua en diferentes proporciones (0%, 15%, 20% y 25%) con respecto al contenido de proteínas, fibra cruda, compuestos fenólicos, firmeza y la aceptabilidad general de galletas dulces. Los resultados del análisis de varianza indicaron un efecto importante en las variables evaluadas. La prueba de Duncan reveló que un reemplazo del 15% alcanzó una firmeza elevada (30.47 N), mientras que el 25% de sustitución presentó el contenido más alto de fibra cruda (2.04%), compuestos fenólicos (38.51 mg AG/100 g) y proteínas (10.78%). Según la prueba de Friedman, no se encontraron variaciones importantes en la aceptación general de los tratamientos. La incorporación parcial un 25% de harina de

cañihua logró una puntuación de aceptación de 8 puntos, equivalente a "me agrada mucho", y fue seleccionada como el mejor tratamiento por presentar los valores más altos de fibra cruda, proteínas y compuestos fenólicos.

Juárez y Quispe (2016), realizaron un estudio en la Universidad Nacional de San Agustín para evaluar la aceptabilidad y el contenido de proteínas en galletas integrales hechas a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), suero de leche y salvado de trigo. Este estudio tuvo un enfoque prospectivo y experimental, el cual involucró la elaboración de tres variedades de galletas: la galleta "A" con un 15% de harina de cañihua, la galleta "B" con un 30% y la galleta "C" con un 50%. Todas las recetas incluyeron un 17% de suero de leche y un 7% de salvado de trigo. La aceptación de las galletas fue evaluada por un grupo de 30 alumnos de la Escuela de Ciencias de la Nutrición de la UNSA. En cuanto a su aceptabilidad y características organolépticas. Los resultados mostraron que la galleta "C" tiene un alto valor proteico y no presenta deficiencias en aminoácidos, lo que la convierte en una alternativa nutritiva adecuada para el consumo de la población.

Neyra (2014), llevó a cabo un estudio sobre la calidad nutricional y la aceptabilidad de un producto extruido a base de nostoc. Se elaboraron dos versiones del producto, una con 10% y otra con 15% de nostoc. Se analizaron los valores nutricionales por cada 100 gramos, obteniendo para el producto con 10% de nostoc: 339.94 Kcal, 5.55g de proteínas, 7.91g de grasas, 63.66g de carbohidratos y 98.52 mg de calcio. Para el producto con 15% de nostoc: 324.38 Kcal, 5.13g de proteínas, 7.86g de grasas, 60.30g de carbohidratos y 134.85 mg de calcio. En la evaluación sensorial, el 34.10% de los participantes indicaron que el sabor del producto con 10% de nostoc les era indiferente, mientras que al 65.90% les gustó. Para el producto con 15% de nostoc, el 56.80% indicó indiferencia, el 36.40% lo encontró agradable y el 6.80% no lo disfrutó. Según la prueba t de Student las diferencias en el atributo del sabor fueron significativas, siendo el producto con 10% de nostoc el de mejor aceptación. En cuanto al olor, el 25.00% de los participantes no mostró preferencia por el producto con 10% de nostoc, mientras que al 75.00% les gustó. Para el producto con 15% de nostoc, el 27.30% indicó indiferencia y al 72.70% les gustó. Respecto a la textura, el 34.10% de los participantes no mostró preferencia por el producto con 10% de nostoc, al 61.40% les gustó y al 4.50% no les gustó. Para el producto con 15% de nostoc, el 29.50% indicó indiferencia, al 68.20% les gustó y al 2.30% no les gustó.

Alegre (2019), en su tesis “Contenido de proteínas, hierro y calcio de cushuro (*Nostoc sphaericum*) procedente de la laguna de Conococha Catac-Huaraz”, empleó tres kilogramos de cushuro fresco y obtuvo una muestra deshidratada y pulverizada de treinta gramos que analizó para precisar el porcentaje de proteínas, hierro y calcio; obtuvo como resultado los siguientes valores: $26.68 \pm 0.01\%$, 15.72 ± 2.07 mg/100g de muestra seca y 1260.13 ± 35.80 mg de Ca/100g de cushuro seco, respectivamente; concluyó que la materia prima, es un alimento que proporciona un elevado porcentaje de nutrientes; por lo cual, es esencial emplear en el tratamiento de enfermedades como anemia, malnutrición y osteoporosis.

Torres (2017), en su investigación titulada “Elaboración y caracterización de un alimento a base de harinas de arroz, frijol caupí, maíz, cushuro y cacao según la Norma Sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros destinados a programas sociales de alimentación RM N°451-2006/MINSA”, desarrolló nueve formulaciones y caracterizó la octava muestra. Esta muestra contenía 16,67% de harina de arroz, frijol caupí y maíz; además, incluía 50% de cacao, 20g de cushuro y 350g de azúcar. También determinó las características fisicoquímicas donde se observó 6,8° Brix, humedad de 3,2875% y acidez titulable de 0,0833%. En cuanto a sus características nutricionales, la muestra presentó los valores por cada 100 gramos: humedad relativa 1,32g, cenizas 1,96g, grasas 14,90g, fibra 7,82g, proteínas 10,96g, carbohidratos 29,14g y energía 294,52g.

Garófalo y Lovato (2020), en su estudio titulado “Desarrollo de un Producto Alimenticio a Base de Cushuro”, recolectaron cushuro (*Nostoc commune*) en la provincia de Bolívar para crear un suplemento nutricional. Se realizó una prueba microbiológica que confirmó la ausencia de *Listeria spp* y *Salmonella spp*, así como menos de 10 UFC de *Escherichia coli*. Para la producción del suplemento, no fue necesario añadir ninguna otra sustancia a la materia prima tras la molienda, ya que esta presenta un alto contenido de proteínas (22.62%).

2.2. GALLETA

2.2.1. Generalidades de galletas

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 085:2005, una galleta se define como un producto que se obtiene a través del horneado correcto de figuras elaboradas con la mezcla de derivados del trigo u otras harinas, junto con otros ingredientes que sean aptos para el consumo humano (INEN, 2005).

Por otro lado, INDECOPI (2016), define las galletas como productos de consistencia variable, generalmente dura y crocante, obtenidos mediante el horneado adecuado de masas

sólidas o semisólidas. Estas masas se forman a partir del amasado de derivados del trigo u otras harinas alternativas, junto con otros ingredientes aptos para el consumo humano (NTP 206.001).

2.2.2. Clasificación de galletas

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana. NTP 206.001 (INDECOPI, 2016) clasifica las galletas.

Por su sabor:

- a) Galleta salada: Son aquellas que poseen un sabor salado.
- b) Galleta dulce: Son aquellas que poseen un sabor dulce.

Por su presentación:

- a) Galleta simple: Se presenta sin ningún añadido tras ser horneada.
- b) Galletas rellenas: Tienen un relleno adecuado entre dos galletas.
- c) Galletas revestidas: Poseen una capa o gratinado en la parte exterior.

Por la forma de venta:

- a) Galletas envasadas: Se venden en paquetes o envases sellados en pequeñas cantidades.
- b) Galletas a granel: Generalmente se venden en recipientes de cartón, metal o material de poliestireno.

2.2.3. Propiedades fisicoquímicas y microbiológicas para galletas

Se establecieron criterios y requisitos para las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de diversos alimentos mediante la Resolución Ministerial N° 1020-2010/MINSA, que aprobó la Norma Sanitaria para la Fabricación y Expendio de Productos de Panificación, Galletas y Pastelería. A continuación, se muestran en las tablas 1 y 2 los límites máximos permisibles para las galletas.

Tabla 1: Criterios fisicoquímicos de las galletas según RM N° 1020 – 2010/MINSA.

<i>Parámetro</i>	<i>Límites máximos permisibles</i>
Humedad	12 %
Cenizas totales	3 %
Índice de peróxido	5 mg / kg
Acidez (expresada en ácido láctico)	0.10 %
Proteína	8.5 % mínimo

FUENTE: MINSA (2010).

Tabla 2: Criterios microbiológicos de las galletas según RM N° 1020 – 2010/MINSA.

Agente microbiano	Categoría	Clase	N	C	Limite por g	
					M	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ³

FUENTE: MINSA (2010).

2.2.4. Características Organolépticas

Sobre la base de las especificaciones técnicas de los alimentos establecidas en el programa nacional de alimentación escolar Qali Warma, se presentan a continuación las características organolépticas, que se consideran un requisito fundamental.

- a) Color: Consistente con la composición y naturalidad del producto, sin puntos quemados.
- b) Olor: Libre de olores extraños que no correspondan a la naturaleza del producto.
- c) Sabor: Conformidad a las características del producto, sin sabores desagradables.
- d) Textura: Las galletas deben tener una textura crujiente y suave.
- e) Apariencia: En todo momento las galletas deben estar enteras, limpias y libres insectos vivos o muertos u otros elementos externos.
- f) Forma: Las galletas pueden ser redondas, cuadradas, rectangulares, en forma de palitos o rosquitas; no se aceptan formas similares a munición.

2.3. CUSHURO

2.3.1. Generalidades del Cushuro (*Nostoc sphaericum*)

Según Gomez *et al.*, (2021), el cushuro (*Nostoc sphaericum*) es una cianobacteria de forma esférica y gelatinosa, que es rica en diversos compuestos químicos nutritivos, especialmente hierro y proteínas. Esta cianobacteria forma colonias microscópicas y macroscópicas en

diferentes ambientes acuáticos y en áreas altoandinas del Perú, a más de 3000 metros sobre el nivel del mar. Ancash, Junín, Cajamarca, Huánuco, Cusco y Puno son solo algunos de los departamentos donde esta cianobacteria crece en colonias microscópicas y macroscópicas. En estas zonas hay lagunas con aguas cristalinas y ricas en nitrógeno que favorecen su crecimiento. Las distintas especies de Cushuro que se han cultivado recientemente contienen entre un 35 % y un 42 % de proteínas, así como grasas y minerales (calcio, fósforo, hierro, sodio y potasio). Además, son la fuente de todos los aminoácidos esenciales y vitaminas B1, B2, B5 y B8.

Desde la era precolombina, este alimento se ha utilizado como complemento en dietas. En la actualidad, se utiliza como estabilizador o suplemento y es conocido como el alimento del futuro debido a sus numerosas aplicaciones en campos como la medicina, la industria alimentaria y la industria aeroespacial. Su importancia radica en sus excepcionales propiedades organolépticas y nutricionales.

Esta alga tiene numerosos porcentajes de proteínas y ofrece una gran cantidad de aminoácidos esenciales. Así mismo, es fácil de digerir debido a que no contiene celulosa en su pared celular, permitiéndole a nuestro cuerpo aprovechar mejor los nutrientes que presenta Capcha *et al.* (2020).

De acuerdo con las denominaciones previas, que son más fáciles de observar. En tiempos húmedos se presenta como masas gelatinosas, hidratadas, amorfas y blandas de algunos centímetros.

Ponce (2014). La diversidad de colores en esta cianobacteria se atribuye a la presencia de pigmentos naturales específicos. La clorofila le confiere un color verde, la ficocianina, que está relacionada con la fotosíntesis, le proporciona un tono azul. También se han observado cushuros de color marrón, resultado de la ficoeritrina, que es un pigmento de color rojo que, al combinarse con otros pigmentos, origina esta coloración. En condiciones secas, se transforma en pequeñas y frágiles láminas negras que pueden pasar desapercibidas. También es conocido como cushuro. Al observarlo bajo el microscopio, el Nostoc se compone de cadenas de células no ramificadas, dentro de una matriz mucilaginosa.

Gonzales (2006). La reproducción que posee es asexual y puede suceder de varias maneras, ya sea por simple fragmentación, por división celular o por la producción de células especializadas.

De acuerdo con Huaraz et al. (2020), el cushuro representa una excelente alternativa alimenticia debido a su alto contenido de proteínas, calcio y hierro, además de su bajo costo en comparación con la quinua y la kiwicha. Su rápido crecimiento, elevado valor proteico y capacidad de adaptación al entorno lo convierten en un recurso esencial tanto para la sostenibilidad ambiental como para la nutrición de la población. El nostoc se desarrolla bien en ambientes que contienen altos niveles de cloruro de calcio, sulfato de magnesio y otros compuestos naturales encontrados en lagunas. El (*Nostoc sphaericum*), comúnmente llamado cushuro, es la variedad más notable en las zonas altas de Perú, Bolivia y Ecuador. Estos organismos fotosintéticos necesitan únicamente luz, dióxido de carbono y sales para sintetizar nutrientes como carbohidratos, lípidos y proteínas.

Camones et al. (2019), indican que, los polisacáridos de (*Nostoc sphaericum*) tratados mediante digestión gastrointestinal in vitro, demostraron capacidad de inhibir las enzimas α -amilasa, α -glucosidasa y la difusión de glucosa. Por lo tanto, esta especie podría ser prometedora como tratamientos complementarios par la diabetes tipo 2.

Según Gupta y Meena (2022), mencionan que, las cianobacterias producen metabolitos secundarios o bioactivos, como alcaloides y péptidos. Su capacidad para producir pesticidas y productos agrícolas es significativa. Además, desempeñan un papel crucial en la producción de herbicidas e insecticidas. Además, tienen el potencial de prevenir enfermedades en los cultivos y combatir una variedad de microorganismos patógenos. En conclusión, las cianobacterias son esenciales para la agricultura porque mejoran el valor nutricional del suelo y lo protegen contra insectos y agentes abióticos como las variaciones de temperatura y humedad. Además, representan una fuente significativa de compuestos con actividad biológica.

El cushuro es un alimento nutritivo y fácilmente accesible para la población andina debido a su elevado valor nutricional, y constituye una parte importante de la dieta de diversas comunidades. En la actualidad, se puede encontrar en los mercados de diversas localidades altiplánicas, lo que ha suscitado interés en investigar sus principales propiedades nutricionales para promover su consumo basado en evidencia científica.

Tabla 3: Contenido de proteínas en 100 g de (*Nostoc sphaericum*) pulverizado procedente de la laguna de Conococha (Catac – Huaraz).

Producto	Proteínas (%)
Cushuro	26,68 ± 0,01
3 repeticiones	

FUENTE: Alegre (2019).

Tabla 4: Contenido de Hierro en 100g de (*Nostoc sphaericum*) pulverizado procedente de la laguna de Conococha (Catac – Huaraz).

Producto	Hierro (mg)
Cushuro	15,72 ± 2,70
3 repeticiones	

FUENTE: Alegre (2019).

Tabla 5: Contenido de Calcio en 100g de (*Nostoc sphaericum*) pulverizado procedente de la laguna de Conococha (Catac – Huaraz).

Producto	Calcio (mg)
Cushuro	1224,4 ± 0,01
3 repeticiones	

FUENTE: Alegre (2019).

Tabla 6: Composición proximal del *Nostoc*.

Componente	Composición por 100 gramos	Aldave (2015)	Gantar (2008)
Energía	242 kcal/100g	320,5 g	-
Agua	15,1 g	15 g	6,3 g
Proteína	29 %	30 %	25,4 %
Grasa Total	0,5 %	0,5 %	0,8 %
Carbohidratos	46,9 %	50 %	62,4 %
Cenizas	8,5 %	-	5,10 %

FUENTE: Gómez *et al.* (2021).

Tabla 7: Contenido de minerales en el Nostoc.

Componente	Composición por 100 gramos	Aldave (2015)	Gantar (2008)
Calcio	147 mg	145 mg	1076 mg
Fósforo	64 mg	64 mg	258 mg
Hierro	83.6 mg	83.6 mg	19.6 mg

FUENTE: Gómez *et al.* (2021).

- a) **Descripción morfológica:** Tiene una forma esférica, con un aspecto gelatinoso y color verde, con un tamaño comparable al de una avellana. Las colonias están compuestas por filamentos formados por células casi redondas que se agrupan como cuentas de un rosario, formando tricomas simples.
- b) **Hábitat:** Se encuentra en lagunas poco profundas, sobre césped inundado, comúnmente durante la temporada de lluvias.

2.3.2. Clasificación taxonómica.

Según Gómez *et al.* (2021), el nostoc presenta la siguiente clasificación taxonómica.

División: *Cyanophyta*

Clase: *Cyanophyceae*

Orden: *Nostocales*

Familia: *Nostocaceae*

Género: *Nostoc*

Especies: *Nostoc sphaericum* y *Nostoc commune*

FUENTE: Gómez *et al.* (2021).

- a) **Descripción morfológica:** Tiene una forma esférica, con un aspecto gelatinoso y color verde, con un tamaño comparable al de una avellana. Las colonias están compuestas por filamentos formados por células casi redondas que se agrupan como cuentas de un rosario, formando tricomas simples.

- b) **Hábitat:** Se encuentra en aguas poco profundas sobre césped inundado, comúnmente durante la temporada de lluvias.



Figura 1: Cushuro (*Nostoc sphaericum*)

2.3.3. Análisis químico bromatológico

De acuerdo con Jurado *et al.* (2014), mencionan que las algas procedentes de Huaraz tienen valores más altos de proteínas y sales minerales en su masa seca comparada con la masa fresca. Para el (*Nostoc sphaericum*) deshidratado, se obtuvieron los siguientes valores: 29 gr de proteínas, 0.5 gr de lípidos, 46.9 gr de carbohidratos, 147 mg de calcio, 64 mg de fósforo, 83.6 mg de hierro, 1,021 mg de sodio y 483 mg de potasio por cada 100 gr.

Jurado *et al.*, (2014). Utilizaron una muestra fresca de (*Nostoc sphaericum*), que fue congelada para proceder a su deshidratación. Los niveles de metales se encontraron dentro de rangos normales, con concentraciones de calcio de 20,879.53 mg/L, hierro de 549.07 mg/L y zinc de 246.15 mg/L. Debido a su fácil acceso, especialmente en Lima, se recomienda el uso de cultivos de Huaraz y Pachacamac, que fomentan la agricultura sostenible y natural. Para el (*Nostoc commune*) y (*Nostoc sphaericum*) se utilizan un métodos sencillos y económicos para extraer los polisacáridos, lo que facilita su uso en la industria.

Jurado *et al.*, (2014), mencionan que los parámetros fisicoquímicos tales como pH, viscosidad y punto de gelificación demostraron que el cushuro (*Nostoc sphaericum*) que tiene una forma esférica, presentó mejores valores que el (*Nostoc commune*) el cual posee una forma de lechuga. Por otro lado, los parámetros microbiológicos indicaron que no había presencia de microorganismos patógenos.

Según Rosales (2013), afirma que varios tipos de cushuro fresco poseen entre 35 a 42% de lípidos, proteínas y minerales (Ca, P, Fe, Na, K); también, presentan aminoácidos y vitaminas B1, B2, B5 y B8. Cada variedad de *Nostoc* posee aproximadamente el doble de

proteínas en comparación con la kiwicha y la quinua. Además, presenta mayores niveles de aminoácidos esenciales. Al comparar el calcio que posee el cushuro (154/mg) con la leche (20/mg) y su cantidad de hierro (83.6/mg) con la lenteja (7.6/mg) existe una diferencia abismal. (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.3.4. Cushuro en productos alimenticios

Según Aguilar *et al.*, (2020), afirman que el consumo de cushuro podría mejorar la calidad de vida de la población peruana, tanto en aspectos nutricionales como de salud, dado que el cushuro es considerado un superalimento debido a su elevado contenido de proteínas y nutrientes.

Por otro lado, Palomino (2016), indica que a simple vista son bolitas gelatinosas y que al degustarlas tienen un sabor neutral, por eso al mezclarlas con cualquier otro producto alimenticio adquieren el sabor de este y puede ser ingrediente de cualquier comida como sopas, guisos, mermeladas, entradas, mazamorras, bebidas, postres o ensaladas. Asimismo, en otras preparaciones culinarias como picantes, ceviche, mojito y platos de comida novoandina elaborados con cushuro.

2.3.5. Cushuro como estabilizante

Vargas y Pisfil (2008), mencionan que en la preparación de alimentos es fundamental el uso de aditivos alimentarios. Estas sustancias se utilizan para gestionar el proceso tecnológico, mejorar las características organolépticas o prolongar la vida útil del producto. Dentro de los aditivos alimentarios, están presentes los viscosantes o estabilizantes, que poseen la capacidad de mantener las partículas suspendidas de manera uniforme, prevenir la sedimentación y aumentar la viscosidad del producto.

Yupanqui y Torres (2018). Los aditivos alimentarios, como los estabilizantes y espesantes, deberían de ser lo más natural posible. Una opción es extraer hidrocoloide del alga andina conocida como “cushuro”, que se encuentra en abundancia en Perú.

2.4. CAÑIHUA

2.4.1. Generalidades

Según Ruiz (2018), la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es nombrada de esta forma por el botánico Paul Aellen, y pertenece a la familia chenopodiaceae. Esta planta se originaria de las regiones andinas del sur de Perú y Bolivia, donde crece a altitudes entre 3500 y 4200 metros, siendo más común en las áreas semiáridas de mayor altitud. La cañihua

destaca por su resistencia a climas extremos, como heladas, sequías y bajas temperaturas, típicos de la región andina. Según Apaza (2010), en 1929, Paul Aellen dio el nombre científico a esta especie, utilizando indistintamente los términos kañiwa y kañawa, provenientes del quechua ya, respectivamente.

Zegarra y Muñoz (2019), mencionan que la cañihua es un grano andino que está despertando interés como una opción nutritiva y libre de gluten en comparación con los cereales tradicionales, siendo especialmente útil para personas con trastornos vinculados al gluten. Por otro lado. Apaza (2010), señala que la cañihua está retomando auge, en la alimentación humana debido a su alta calidad proteica y su perfil químico superior en comparación con los cereales comunes. Además de aportar calcio y magnesio, el cañihua puede ser una fuente significativa de componentes funcionales o nutricionales, como la fibra dietética y compuestos fenólicos.

En la industria panificadora se ha demostrado con buen resultado agregar un 20 por ciento de cañihuaco a la harina de trigo, lo que otorga al producto final (pan, galleta) un color y sabor característico y agradable (FAO, 1992).

Según Apaza (2010), la cañihua presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reino: *Vegetal, Eukarionta*

División: *Angiospermophyla*

Clase: *Dicotyledoneae*

Sub clase: *Archichlamydeae*

Orden: *Centrospermales*

Familia: *Chenopodiácea*

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium pallidicaule* Aellen

Nombre común: *cañahua, kañihua, kañiwa.*

FUENTE: Apaza (2010).

2.4.2. Variedades

Según Apaza (2010), tenemos las siguientes variedades, a continuación, se detalla una breve descripción morfológica y agronómica.

- a) **Variedad Cupi:** La variedad cupi es conocida por alcanzar una altura promedio de 60 cm, presentando un tallo central con un diámetro de 4.0 mm y un tono púrpura claro al alcanzar su madurez fisiológica. La parte exterior del fruto es cerrada y de un color crema grisáceo suave, mientras que el epispermo es de un marrón claro. Sin contar el perigonio, el diámetro del grano varía entre 1.0 y 1.1 mm, y el peso de mil granos asciende a 0.5510 g.
- b) **Variedad Ramis:** La variedad Ramis, reconocida en la región de Puno, llega a medir alrededor de 52 cm de altura. Su tallo central tiene un diámetro de 4.5 mm y, al llegar a su madurez fisiológica, tanto el tallo como las hojas adquieren un color púrpura. El epispermo es de tono café oscuro, y el diámetro del grano, excluyendo el perigonio, oscila entre 1.1 y 1.2 mm, mientras que el peso de mil granos es de 0.8566.
- c) **Variedad Illpa Inia:** La variedad Illpa Inia, que se encuentra en la región de Puno, tiene una altura promedio de 67 cm. Su tallo central presenta un diámetro de 5.0 mm y, al alcanzar su madurez fisiológica, tanto el tallo como las hojas adquieren un tono anaranjado. El fruto tiene un perigonio que está cerrado y presenta un color crema suave, mientras que el epispermo es de un tono café claro. Sin el perigonio, el diámetro de los granos fluctúa entre 1,0 y 1,1 mm, y el peso de 1000 granos es de 0,5511 gr.

2.4.3. Composición química y nutricional de la cañihua

a) Valor nutritivo de la cañihua

Apaza (2010), menciona que, la cañihua tiene un contenido proteico del 18,8%, lo que la convierte en una excelente fuente de proteínas. Además, es rico en aminoácidos esenciales, destacando un 7,1% de lisina, un aminoácido clave para el buen funcionamiento del cerebro humano.

Crisólogo (2019), demostró el contenido de nutrientes en la harina de cañihua parda por 100g de muestra es de: Proteína 18.2g, grasa 7.5g, carbohidratos 61.8g, fibra 8.9g, y sus características fisicoquímicas presentan: 3.5% a 3.7% de cenizas, 12% máximo de humedad y 0.10% como máximo de acidez. En cuanto a sus aplicaciones,

se utiliza en platos nutritivos y en la industria panificadora. Asimismo, se le reconocen propiedades que ayudan a prevenir el cáncer y la anemia.

b) Composición química de la cañihua

La cañihua debe cumplir con los siguientes requisitos que se detallan a continuación.

Tabla 8: Requisitos químicos proximal de cañihua.

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		Min.	Max.	
Humedad	%	-	12.4	NTP 209.264
Proteína	%	13.1	-	NTP 209.262
Cenizas	%	-	5.9	NTP 209.265
Grasa	%	3.5	-	NTP 209.263
Fibra cruda	%	4	-	AOAC 945.18

FUENTE: Apaza (2010).

Tabla 9: Composición química proximal de las tres variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

Determinaciones	Cultivar Cupi	Cultivar Ramis	Cultivar IIPA INIA 406
Humedad (%)	8.45	7.73	8.36
Proteína (%)	13.48	13.10	13.82
Fibra (%)	10.28	10.00	11.00
Cenizas (%)	4.10	4.08	4.16
Grasa (%)	3.88	3.90	3.92
ELN (%)	59.81	61.19	58.74
Energía (Kcal/100 g)	325.36	329.65	322.68

FUENTE: Apaza (2010).

Tabla 10: Contenido de minerales de cereales y granos andinos.

Elemento	Trigo	Cebada	Avena	Quinoa	Cañihua	Kiwicha
Calcio	48	52	94	94	110	236
Magnesio	152	145	138	270	-	244
Sodio	4	49	28	11.5	-	31
Fósforo	387	356	385	140	375	453
Hierro	4.6	4.6	6.2	16.8	15.0	7.5
Zing	3,3	3.1	3	4.8	-	3.7

FUENTE: Collazos (1993).

2.5. METODOLOGÍAS SENSORIALES

De acuerdo con el Instituto de Alimentos de EE. UU. UU. (IFT), la evaluación sensorial se considera una ciencia que se usa para medir, analizar, provocar e interpretar las reacciones a las propiedades de los alimentos y otras sustancias. Estas propiedades son percibidas a través de los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el oído y el tacto. (ISO/FDIS 5492:2007). Según Supo (2020), la prueba sensorial es una herramienta esencial que se usa para obtener especificaciones e índices sensoriales deseados. A través de esta metodología, se obtiene información sobre la calidad de los alimentos que no es posible obtener mediante otras técnicas analíticas.

Según Severiano (2019), menciona que las metodologías sensoriales se dividen en dos categorías: metodologías analíticas y metodologías afectivas. Para llevar a cabo este proceso, se requieren jueces capacitados, y el grado de capacitación varía según el tipo de prueba y el alimento que se esté evaluando. Por otro lado, las metodologías afectivas requieren la participación de consumidores seleccionados según el objetivo de la evaluación. Estos consumidores pueden ser habituales o no, y se eligen en función de sus características sociodemográficas, como edad, género, nivel educativo.

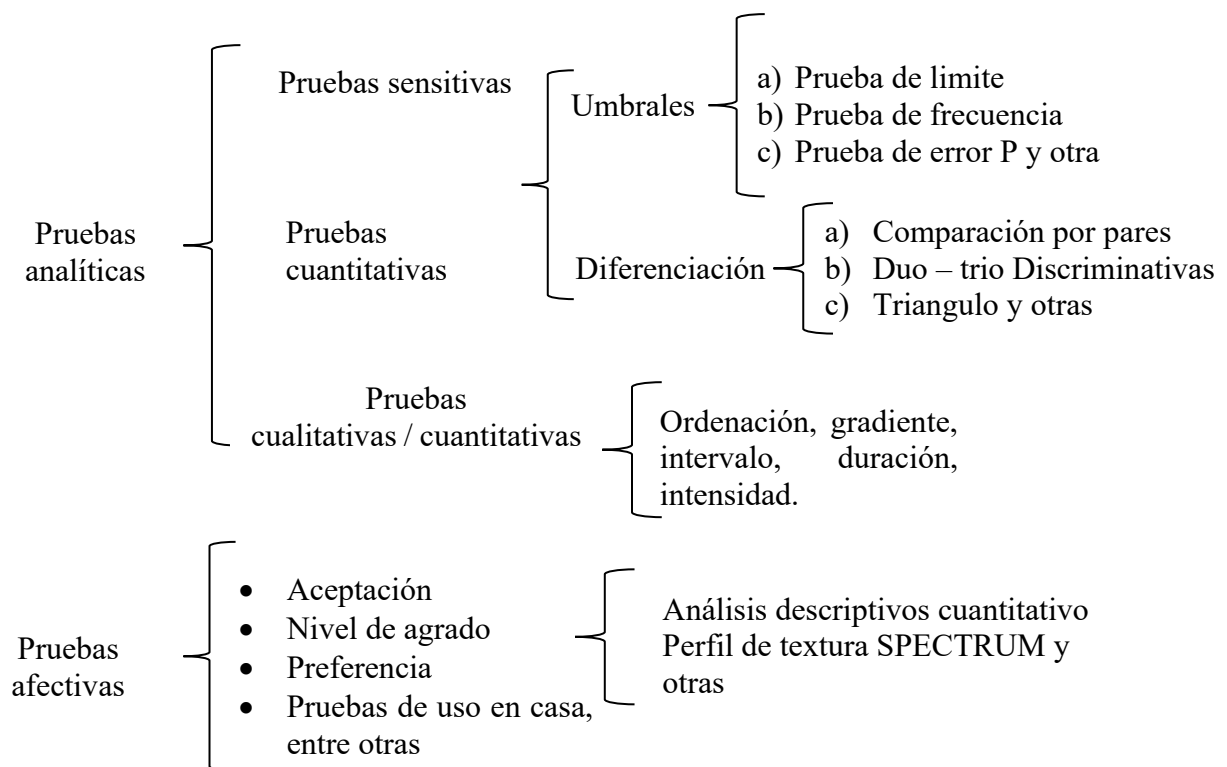


Figura 2: Clasificación general de las pruebas sensoriales

FUENTE: Severiano (2019).

2.6. Optimización de Diseños experimentales en procesos tecnológicos

Según Contreras (2015), el Diseño Estadístico de Experimentos (DEE), conocido también como diseño experimental, es una metodología que emplea herramientas matemáticas y estadísticas. Su objetivo principal es asistir al experimentador en la selección de la estrategia experimental más adecuada para obtener la información deseada al menor costo posible. Además, permite evaluar los resultados experimentales y garantizar la máxima confiabilidad en las conclusiones obtenidas.

2.6.1. Método de superficie de respuesta

López (2015). La metodología de superficie de respuesta (MSR) consiste en un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas empleadas para construir y analizar problemas en los que una respuesta de interés se ve afectada por varias variables. Su finalidad es optimizar una respuesta (variable de salida) que está influenciada por múltiples variables independientes (variables de entrada). La optimización mediante MSR permite a los tecnólogos de alimentos

reducir costos y mejorar las características deseables de los alimentos sin comprometer su seguridad durante el desarrollo de nuevos productos.

2.6.2. Método de Diseño de Mezclas

El diseño de mezclas fue propuesto por Scheffer (1958), en la década de los 60s (1963), aplicándolo en la industria química para optimizar la experimentación industrial de productos y procesos químicos, especialmente en la fabricación de insecticidas, petroquímica y cementos. Desde los años 70, esta técnica también se ha aplicado en la industria de alimentos. Huor *et al.* (1981), optimizaron las proporciones de melón, piña y naranja en un ponche de fruta. Actualmente, numerosas revistas técnicas informan sobre aplicaciones exitosas del diseño de mezclas. Álvarez y Salamanca (2007).

El diseño de mezcla permite identificar cuál es la mejor combinación en las proporciones de los componentes de una mezcla que otorga el valor mínimo o máximo de una determinada respuesta, optimizando las proporciones de una mezcla (Montgomery, 2000).

a) Diseño simplex

Cornell (2011), citado por Medina (2014), indica que una distribución de coordenadas uniforme en un diseño simplex forma un conjunto llamado retícula. Los diseños de retícula simplex consisten en una malla de coordenadas que ayudan a estimar las ecuaciones polinomiales de la superficie de respuesta.

b) Diseño simplex con Centroide

Cornell (2011), citado por Medina (2014), menciona que el de diseño simplex con centroide es un diseño en el sistema de coordenadas simplex que están conformadas por mezclas que contienen k componentes en proporciones iguales y los valores de los datos son distribuidos alrededor del centro de la región de superficie de respuesta. Dado que la mezcla está compuesta por tres elementos, representados por x_1 , x_2 y x_3 , la suma de sus proporciones debe ser igual a 1 (100%). La zona experimental se configura como un triángulo equilátero, donde los puntos de diseño se encuentran en cada uno de los ejes, a la misma distancia del centro y de los vértices. En un diseño que tiene k componentes, se añaden k puntos adicionales con sus coordenadas correspondientes, mientras que los puntos axiales proporcionan una mejor distribución de la información en el área del experimento.

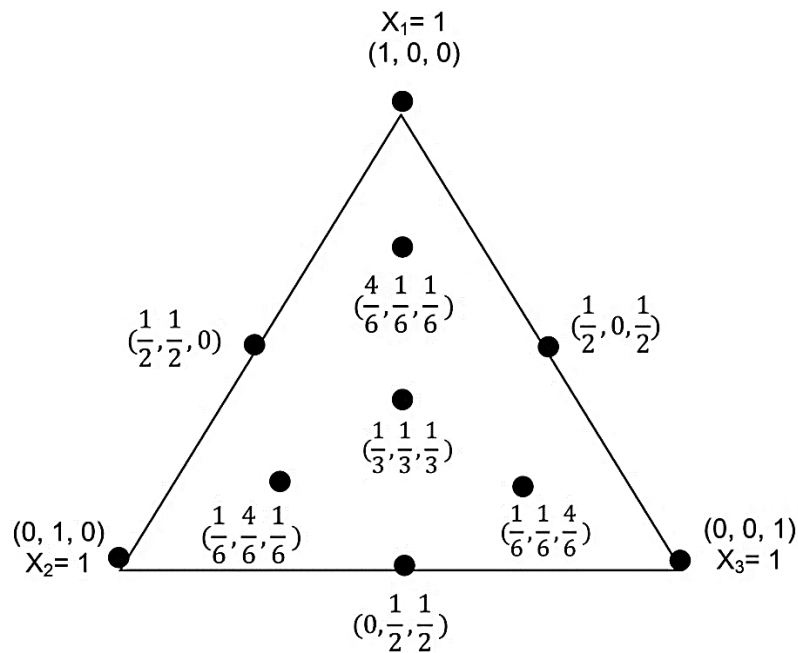


Figura 3: Diseño simplex con centroide para un experimento de mezcla con tres componentes.

FUENTE: Cornell (2011).

2.7. Estudio de vida útil

El estudio de vida útil consiste en realizar una serie de controles preestablecidos en un tiempo establecido, hasta presentar el deterioro elegido como limitante (Curia *et al.*, 2005). Es necesario identificar la variable que tiene mayor influencia en el deterioro del producto para poder analizarla a lo largo del tiempo y utilizarla como variable de respuesta. Si esta variable no se conoce, se realizan pruebas sensoriales, microbiológicas y fisicoquímicas.

Cantillo y Fernández (1994), mencionan que, para estimar la vida útil de un producto, existen dos enfoques principales: los métodos cinéticos y los métodos probabilísticos. Los métodos cinéticos utilizan fórmulas matemáticas para representar cómo se deteriora la calidad durante el almacenamiento. Por otro lado, los métodos probabilísticos ven la vida útil como una variable aleatoria, que se expresa mediante un modelo de probabilidad.

Aguiar (2019), manifiesta que existe una relación inversa entre el tiempo de vida útil de un producto y la temperatura de almacenamiento, si el producto es almacenado a una temperatura baja, su duración se incrementa. Esto tiene sentido, siempre y cuando el producto como es el caso la galleta este protegido por un empaque hermético que evite la humedad relativa, la cual tiende a aumentar a medida que la temperatura desciende.

2.7.1. Diseño del estudio de vida útil

Curia *et al.*, (2005). El estudio de vida útil de un producto se lleva a cabo hasta que las muestras experimenten un deterioro apreciable. Al diseñar un ensayo de vida útil, es fundamental considerar el tiempo de estudio y la frecuencia de muestreo, así como los controles necesarios para evaluar el deterioro del producto.

Existen dos tipos de diseños que se pueden aplicar a estudios de vida útil:

- a) **Diseño básico:** Implica almacenar un único lote de muestras bajo condiciones específicas y realizar muestreos en tiempos predeterminados.
- b) **Diseño escalonado:** consiste en almacenar distintos lotes de producción bajo condiciones específicas en distintos momentos, con el objetivo de obtener todas las muestras con diversos niveles de deterioro en un solo día para su análisis posterior (Curia *et al.*, 2005).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

- La investigación se llevó a cabo en los siguientes lugares:
- El análisis preliminar de la materia prima se llevó a cabo en los laboratorios de Universidad Peruana Unión. Sede Juliaca.
- La elaboración de las galletas se llevó a cabo en la panificadora “Baguetinos” en la provincia de San Román.
- La evaluación de la aceptabilidad sensorial de las galletas con sustitución parcial se realizó con jueces adultos, entre ellos estudiantes de la Universidad Nacional de Juliaca, docentes y padres de familia. Para la valoración por parte de niños, las pruebas se efectuaron en instituciones de educación básica regular de la provincia de San Román, específicamente en la I.E.P. San José 70613, I.E.P. Gregor Mendel, I.E.P. Santa María y la I.E.I. 319.
- Los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, de oligoelementos y de compuestos fenólicos fueron desarrollados en los laboratorios de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano. Los análisis para determinar la vida útil se llevaron a cabo en los laboratorios generales de la Universidad Nacional de Juliaca. Sede La Capilla.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRAS

Para la presente investigación se utilizaron las siguientes materias primas:

- a) Cushuro:** Para llevar a cabo la investigación, se utilizó la especie (*Nostoc sphaericum*), proveniente de las lagunas cercanas a los centros poblados de tusini chico, tusini grande y canteria de la provincia de Lampa, Puno – Perú.
- b) Cañihua:** La cañihua de la variedad Cupi fue obtenido del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), después de realizó el proceso de selección, molienda y tamizado.

- c) **Harina de trigo:** Se empleó la harina de trigo de la marca Bells que fue obtenida del centro comercial plaza vea de la ciudad de Juliaca.

3.2.1. Insumos

- Manteca vegetal.
- Azúcar blanca.
- Huevo.
- Leche en polvo
- Sal yodada
- Esencia de vainilla
- Polvo de hornear.
- Agua.

3.2.2. Equipos e instrumentos

- Horno rotatorio, NOVA. MODELO MAX 1000.
- Molino manual, MARCA CORONA.
- Bolsas herméticas.
- Coche porta bandejas.
- Bandejas de acero inoxidable.
- Rodillo manual.
- Tamiz, #40.
- Vaso de precipitado de 50 y 100 ml.
- Platos y vasos descartables.
- Espátula.
- Moldes de galleta.
- Fichas de encuesta.
- Lapiceros.
- Laptop, MARCA LENOVO.
- Balanza analítica, MARCA AND, modelo HR-250AZ.
- Balanza de medición de humedad, OHAUS-MB 120.
- Estufa eléctrica, MARCA, JP SELECTA.
- Luna de reloj.
- Mortero.

3.2.3. Reactivos

- Agua destilada.

- Alcohol.
- Agua peptonada.
- Agar Sabouraud.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Primero, describiremos el método para obtener la harina de cushuro y la harina de cañihua.

3.3.1. Metodología para la obtención de harina de cushuro

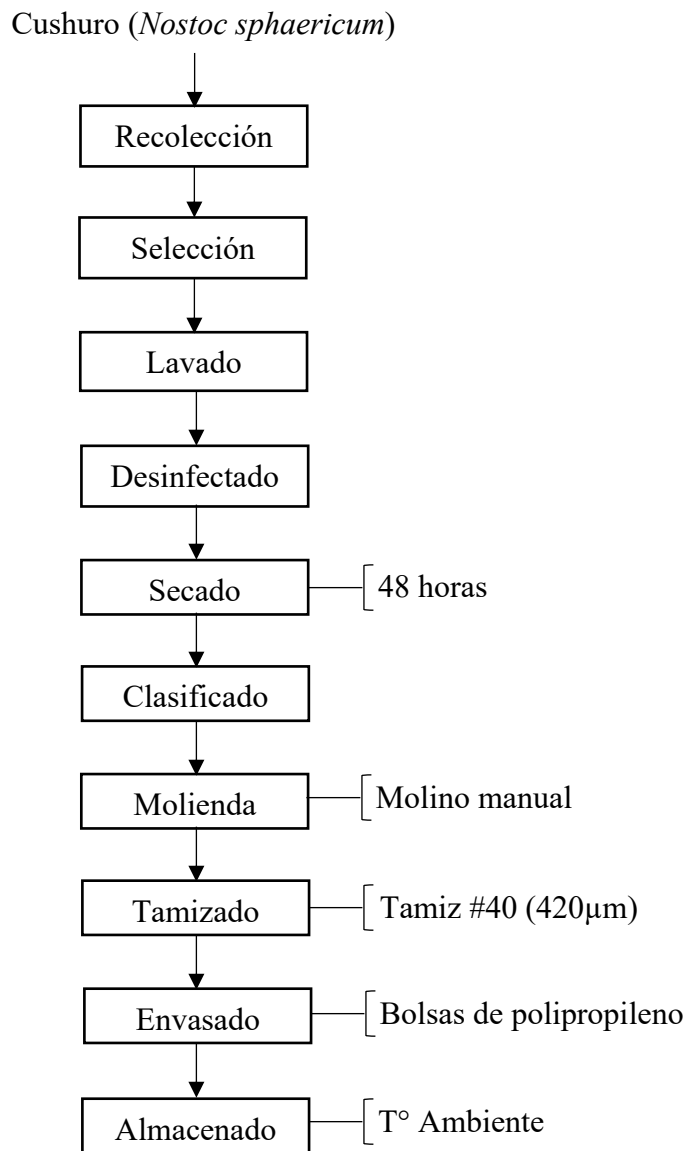


Figura 4: Flujograma de procesamiento para la obtención de harina de cushuro

FUENTE: Culqui y Guevara (2022).

- **Descripción de operaciones:**

Recolección: La materia prima Cushuro (*Nostoc sphaericum*) se recolectó de las lagunas de los centros poblados del distrito de Lampa.

Seleccionado: Se limpió los materiales extraños que tiene la materia prima como piedras u otros objetos, en forma manual.

Lavado: La materia prima se limpió con agua potable a temperatura ambiente para eliminar impurezas.

Desinfección: Se llevó a cabo una desinfección previa para garantizar la ausencia de contaminantes, utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 0.5%.

Secado: El secado se realizó sobre bandejas de acero inoxidable durante 48 horas y a temperatura ambiente

Clasificación: Se organizó el material en función de su tamaño.

Molienda: Se utilizó un molino manual para desintegrar y pulverizar la materia prima.

Tamizado: La harina obtenida fue tamizada con una malla Tyler N.º40 (420 µm) para garantizar una granulometría uniforme.

Envasado: La harina tamizada se envasó en bolsas de polipropileno con cierre hermético.

Almacenamiento: El producto envasado se conservó a una temperatura ambiente hasta que se realizó la elaboración de las galletas.

3.3.2. Metodología para la obtención de harina de cañihua

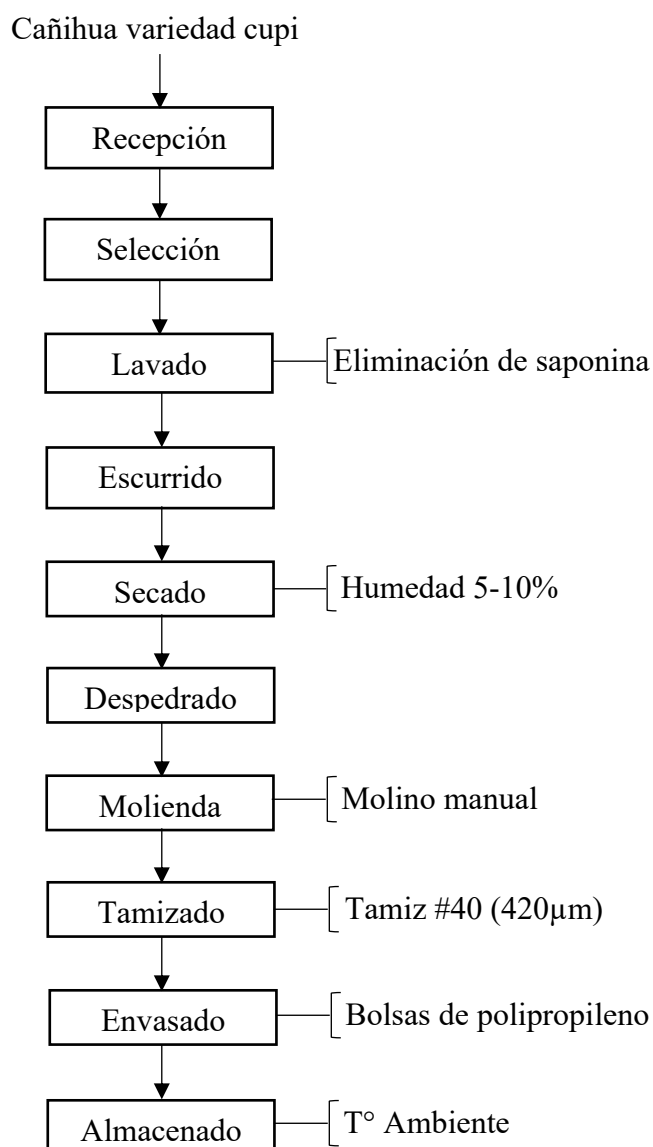


Figura 5: Flujograma de procesamiento para la obtención de harina de cañihua

- **Descripción de operaciones:**

Recepción: Se recibió la cañihua de la variedad Cupi.

Selección: Se escogió los materiales extraños que tiene la materia prima como piedras u otras semillas, en forma manual.

Lavado: Se realizó el lavado con agua potable a temperatura ambiente para eliminar las impurezas presentes en la materia prima.

Escurredo: Se realizó con el objetivo de eliminar el agua del grano lavado para facilitar el secado.

Secado: Se efectuó a un proceso de secado (físico-mecánico) que sirvió para quitar el agua que había sido absorbida por el grano de cañihua lavado, hasta que se llegó a un nivel de humedad que cumpliera con los requisitos.

Despedrado: Se realizó un despedrado mecánico para eliminar la tierra, la arenilla y las piedrecillas presentes en la materia prima.

Molido: Las semillas de cañihua se molieron en un molino manual para reducir del tamaño de las partículas.

Tamizado: La harina se cernió en un tamiz con una malla Tyler N°40 (420 μ m).

Envasado: La harina tamizada se colocó en una bolsa con cierre hermético.

Almacenado: Se almacenó a temperatura ambiente hasta la elaboración de las galletas.

3.3.3. Metodología para la obtención de la galleta con sustitución parcial

A continuación, se detalla el diagrama de proceso para la elaboración de las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro y harina de cañihua.

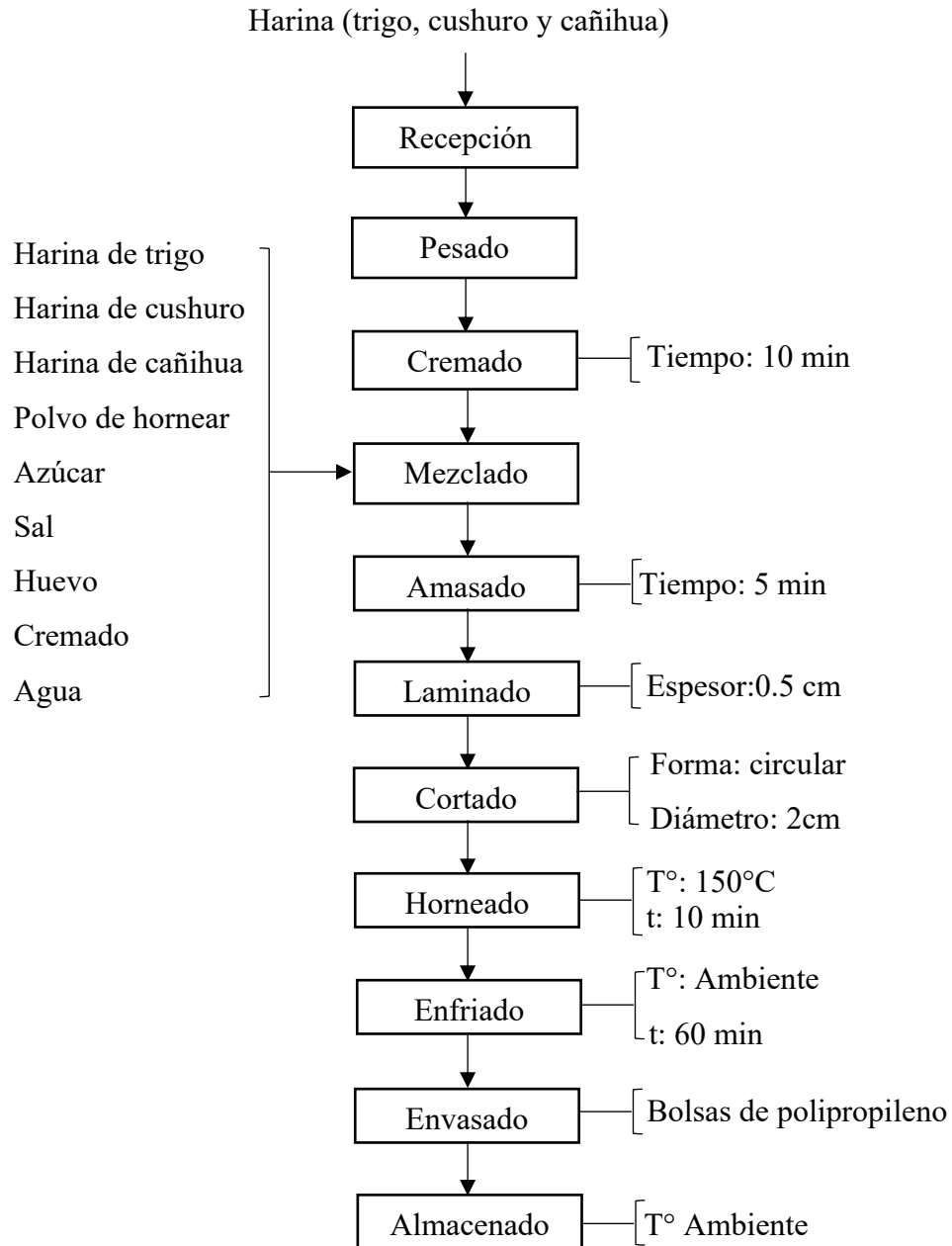


Figura 6: Flujograma de procesamiento para la elaboración de galletas dulces

- **Descripción de operaciones:**

Recepción de materia prima e insumos: Se recibieron las harinas de cañihua, trigo, cushuro y demás insumos.

Pesado: Cada insumo se pesó utilizando una balanza analítica.

Cremado: La manteca se batió en un recipiente durante diez minutos para producir una crema uniforme.

Mezclado: En un recipiente, se mezcló la crema homogénea con los demás insumos usando una espátula para conseguir una mezcla uniforme.

Amasado: Se añadió la mezcla anterior y se amasó durante 5 minutos hasta lograr una masa firme y homogénea.

Laminado: Con la ayuda de un rodillo, la masa se extendió hasta alcanzar un espesor de 0,5 centímetros.

Cortado: Con un molde de metal, la masa se cortó en piezas circulares de 2 cm de diámetro.

Horneado: Las porciones moldeadas se colocaron en bandejas de acero inoxidable y se hornearon durante diez minutos a 150 °C.

Enfriado: Se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 60 minutos, alcanzando un peso final de 5 g por galleta.

Envasado: Las galletas se empaquetaron en bolsas de polipropileno con cierre herméticas.

Almacenado: Las galletas fueron almacenadas en un lugar seco y fresco a temperatura ambiente hasta su evaluación.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL POR OBJETIVOS

3.4.1. Para el objetivo 1

Determinar la formulación adecuada de harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) como sustituto parcial de harina de trigo en la elaboración de galletas dulces en relación a la aceptabilidad sensorial.

a) Variable independiente

- Porcentaje de harina de cushuro (Mín: 5 % ; Máx: 20 %).
- Porcentaje de harina de cañihua (Mín: 0 % ; Máx: 15 %).
- Porcentaje de harina de trigo (Mín: 5 % ; Máx: 20 %).

b) Variable dependiente

- Aceptabilidad sensorial: Color, olor, sabor, textura y apariencia general. (escala hedónica de 5 puntos).

c) Diseño experimental utilizado

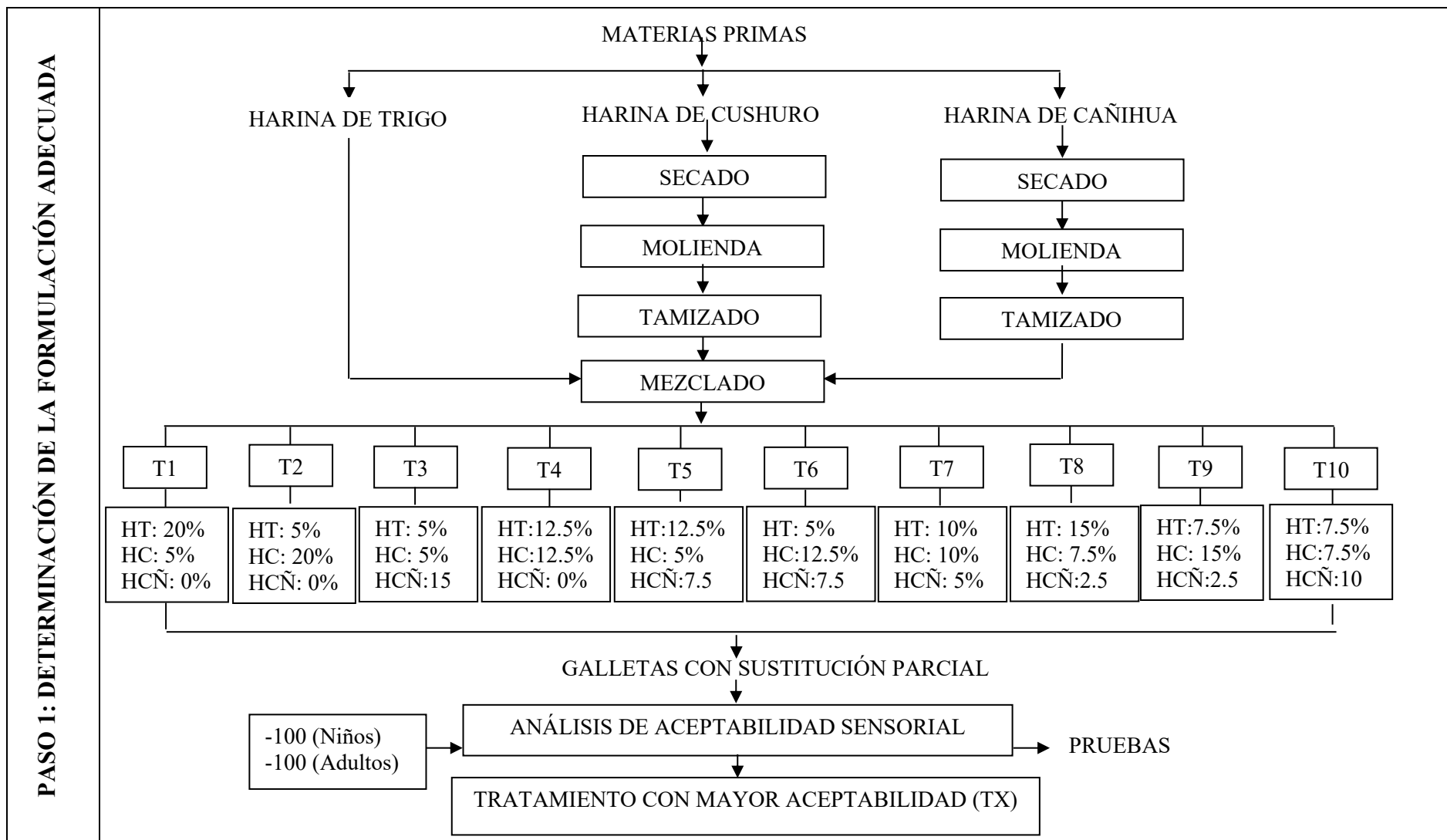


Figura 7: Diagrama experimental para la obtención de la galleta con mayor aceptabilidad

Leyenda:

- T1, T2...T10: Representan los tratamientos con distintos porcentajes de harina de trigo, cushuro y cañihua.
- TX: Tratamiento con mayor aceptación.

d) Diseño de Mezclas

- **Determinación de los tratamientos por el diseño de mezclas**

Para determinar los porcentajes adecuados de sustitución de harina de trigo, harina de cushuro y harina de cañihua en la preparación de galletas dulces, se utilizó el Diseño de mezclas Simplex con Centroides, implementando un conjunto de 10 tratamientos. Cabe destacar que este enfoque facilita el manejo de mezclas más integrales y combina tres componentes (HT, HC y HCÑ), cuya suma total es del 100%.

Para la elaboración de la galleta con sustitución parcial se consideró como valor máximo un 20% de harina de trigo, 15% de harina de cañihua según lo trabajado previamente por Ibarra (2017) y harina de cushuro con un 20% como máximo recomendado por Aguilar (2022) y 5% como mínimo recomendado por Avila y Vigo (2021).

La Tabla 11, muestra los límites mínimos y máximos para la harina de trigo, harina de cushuro y harina de cañihua utilizadas en la elaboración de galletas dulces.

Tabla 11: Límites bajos y altos de las harinas en estudio.

VARIABLES		Mínimo (%)	Máximo (%)
Harina de trigo (HT) *	X1	5	20
Harina de cushuro (HC) **	X2	5	20
Harina de cañihua (HCÑ) *	X3	0	15

FUENTE: * Ibarra (2017) ; ** Aguilar (2022).

Dónde:

X1: Harina de trigo

X2: Harina de cushuro

X3: Harina de cañihua

Posteriormente se consideró los datos de la Tabla 11 y se aplicó el diseño de mezclas Simplex con Centroides en el paquete estadístico (STATISTICA 10), se determinaron 10 tratamientos

con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo (HT), harina de cushuro (HC) y harina de cañihua (HCÑ) como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: *Tratamientos con diseño de mezclas simplex con centroide.*

Tratamientos	(%) HT	(%) HC	(%) HCÑ
T1	20,00	5,00	0,00
T2	5,00	20,00	0,00
T3	5,00	5,00	15,00
T4	12,50	12,50	0,00
T5	12,50	5,00	7,50
T6	5,00	12,50	7,50
T7	10,00	10,00	5,00
T8	15,00	7,50	2,50
T9	7,50	15,00	2,50
T10	7,50	7,50	10,00

Nota: HT = Harina de trigo; HC = Harina de cushuro; HCÑ = Harina de cañihua.

Para la formulación de galletas dulces, se tomó en cuenta la formula base para galletas dulces establecida por la American Association of Cereal Chemist (AACC,1997) que muestra una ligera modificación como se observa en la Tabla 13, donde se indica la dosis de cada uno de los ingredientes representando a la matriz fija, además de los límites bajos y altos para cada harina (HT, HC y HCÑ) que se utilizaron en la elaboración de galletas dulces representando la matriz variable.

La parte fija de la matriz corresponde al 75% de la formulación base, con dosis individuales que permanecen iguales en todos los tratamientos. Por otro lado, la parte variable de la matriz, que integra el 25% de la formulación base, el cual varía en cada tratamiento.

Tabla 13: *Formulación base para la obtención de galletas dulces.*

INSUMOS Y MATERIA PRIMA	(%) *
Manteca vegetal	14.20
Azúcar blanca	28.51
Sal fina	0.53
Leche en polvo	9.42
Huevo	8.79
Esencia de vainilla	0.98
Polvo para hornear	0.98
Agua	11.59
Matriz Fija	75 %
Harina de Trigo (HT)	5% - 20%
Harina de Cushuro (HC)	5% -20%
Harina de Cañihua (HCÑ)	0% -15%
Matriz Variable	25%

(*) Porcentaje en base a la harina como 100%

FUENTE: (A.A.C.C., 1997).

e) Método de análisis

• Metodología para el análisis sensorial

Para la evaluación sensorial de las galletas con sustitución parcial se realizó con jueces de tipo consumidor conformados por 100 niños y 100 adultos que no necesitaron entrenamiento, se siguió la metodología de mencionada por Anzaldúa (1994) y Liria (2007), quienes recomiendan realizar la evaluación entre 75 y 150 jueces para el desarrollo de pruebas afectivas de grado de satisfacción esto con el fin de tener un valor estadístico más preciso. Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, según la técnica descrita por Anzaldúa (1994).

A los jueces niños se les proporcionó agua mineral y su respectiva ficha de evaluación donde se calificaron los siguientes atributos como color, sabor, olor y textura, así como se muestra en el Anexo 1. Para los jueces adultos se proporcionó agua mineral y su respectiva ficha de evaluación donde se calificó la apariencia general de la galleta, a su vez las muestras fueron codificadas con números aleatorios como se muestra en el Anexo 2. Para la base de datos se tomó los valores en promedio de los criterios calificados.

- **Diseño estadístico**

Los resultados del análisis sensorial realizados en jueces de tipo consumidor (niños y adultos) fueron evaluados a través del programa estadístico (STATISTICA 10) y se seleccionó el modelo (cúbico especial) como el más significativo y de mejor ajuste, con el cual fue posible construir la gráfica de superficie de respuesta, donde se observa la región de interés de HT, HC y HCÑ, con el mejor nivel de aceptabilidad.

Posteriormente se realizó la comparación múltiple de medias utilizando el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba Tukey para evaluar las diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

- **Análisis de datos**

Los datos obtenidos de la experimentación se registraron y analizaron utilizando los programas Microsoft Excel 2016, STATISTICA 10 e IBM SPSS Statistics 26.

3.4.2. Para el objetivo 2

Evaluar las características fisicoquímicas, oligoelementos y compuestos fenólicos de una galleta dulce elaborada a partir de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo con mayor aceptabilidad sensorial.

- a) **Variable independiente**

- Formulación con mayor aceptabilidad: T7

- b) **Variable dependiente**

- Características fisicoquímicas.
- Oligoelementos (hierro y calcio).
- Compuestos fenólicos.

- c) **Diseño experimental utilizado**

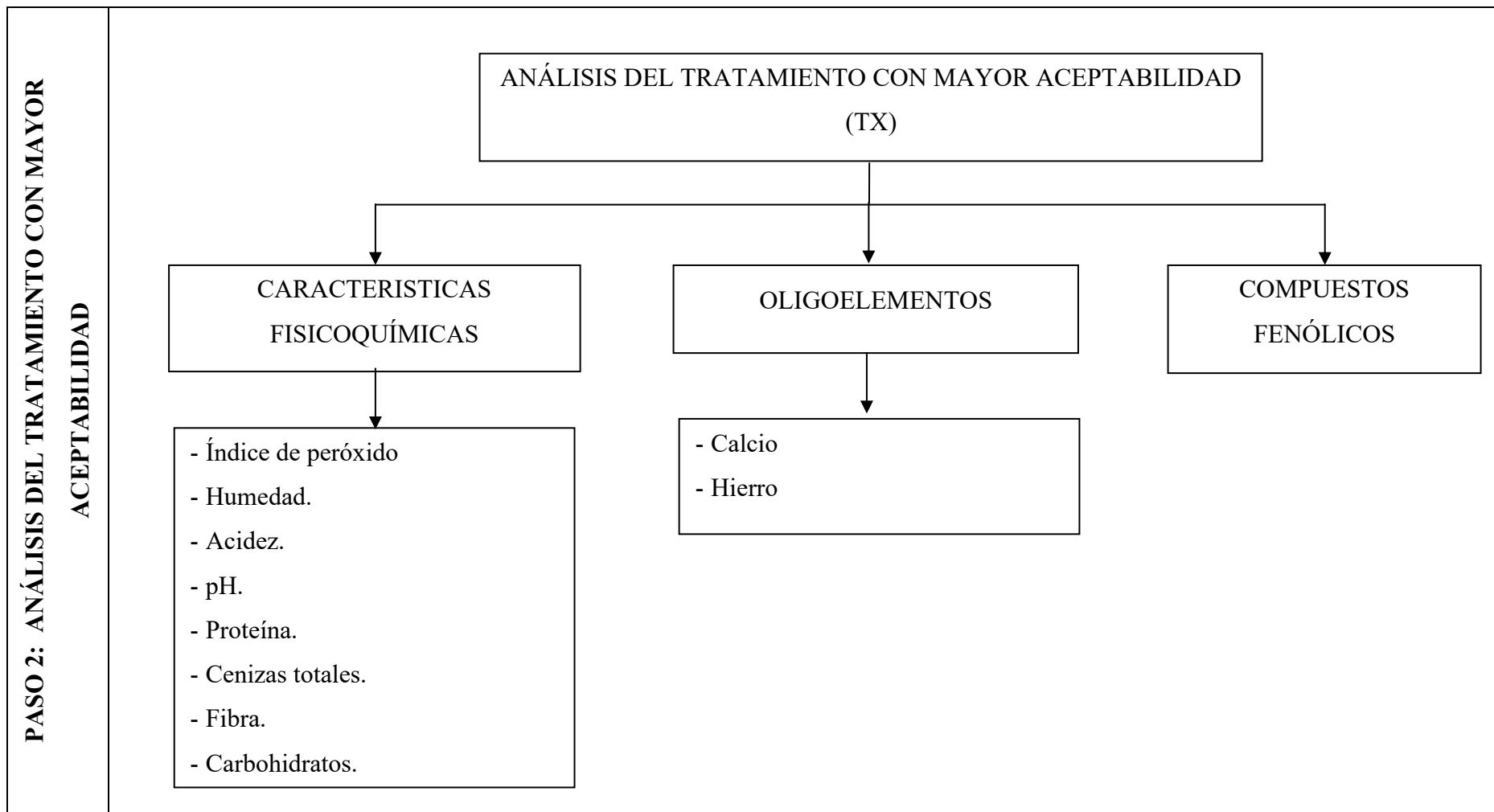


Figura 8: Diagrama experimental para los análisis de la galleta con mayor aceptabilidad

- **CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS**

Para el análisis fisicoquímico de la galleta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro y cañihua de la muestra con mayor aceptabilidad, se realizaron los siguientes análisis:

- Determinación de Humedad (%): Método empleado según (A.O.A.C, 2002). (Anexo 22)
- Determinación de acidez (expresado en ácido láctico): Método empleado según (A.O.A.C, 2002). (Anexo 23)
- Determinación de pH: Método empleado según (A.O.A.C, 2002). (Anexo 24)
- Determinación de proteína (%): Método empleado según (A.O.A.C, 2002). (Anexo 25)
- Determinación de cenizas totales (%): Método empleado según (A.O.A.C, 2002). (Anexo 26)
- Determinación de fibra cruda (%): Método empleado según (A.O.A.C, 2002). (Anexo 27)
- Determinación de carbohidratos (%): Método empleado según (A.O.A.C, 2002). (Anexo 28)
- Determinación de grasa (%): Método empleado según (A.O.A.C, 2002). (Anexo 29)
- Determinación de índice de peróxido: Método empleado según la NTP 206.11 (INACAL, 2016). (Anexo 30)

- **OLIGOELEMENTOS**

Los análisis de oligoelementos realizados en la galleta con harina de trigo parcialmente sustituida por harina de cushuro y cañihua, correspondiente a la muestra con mayor aceptación, fueron los siguientes:

- Determinación de calcio: Método empleado según Urizar, A. (1995). (Anexo 31)
- Determinación de hierro: Método empleado de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) con un espectrofotómetro de emisión óptica (Anexo 32)

- **COMPUESTOS FENÓLICOS**

- Determinación de compuestos fenólicos: Método empleado según Vasantha *et al.* (2008). (Anexo 33)

a) Diseño estadístico

Para evaluar los resultados obtenidos en los análisis para determinar las características fisicoquímicas, oligoelementos y compuestos fenólicos de la galleta dulce con mayor aceptabilidad, se utilizó parámetros estadísticos como promedio y desviación estándar.

b) Análisis de datos

Los datos obtenidos de la experimentación fueron registrados y analizados en el software *Microsoft Excel 2016*.

3.4.3. Para el objetivo 3

Evaluar la vida útil de una galleta dulce a base de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo de la muestra con mayor aceptabilidad sensorial.

a) Variable independiente

- Formulación con mayor aceptabilidad: T7
- Temperatura: (10 °C, 25 °C, 40 °C)
- Porcentaje de humedad
- Días: (32 días)

b) Variable dependiente

- Vida útil: (Recuento de Mohos).

c) Diseño experimental utilizado

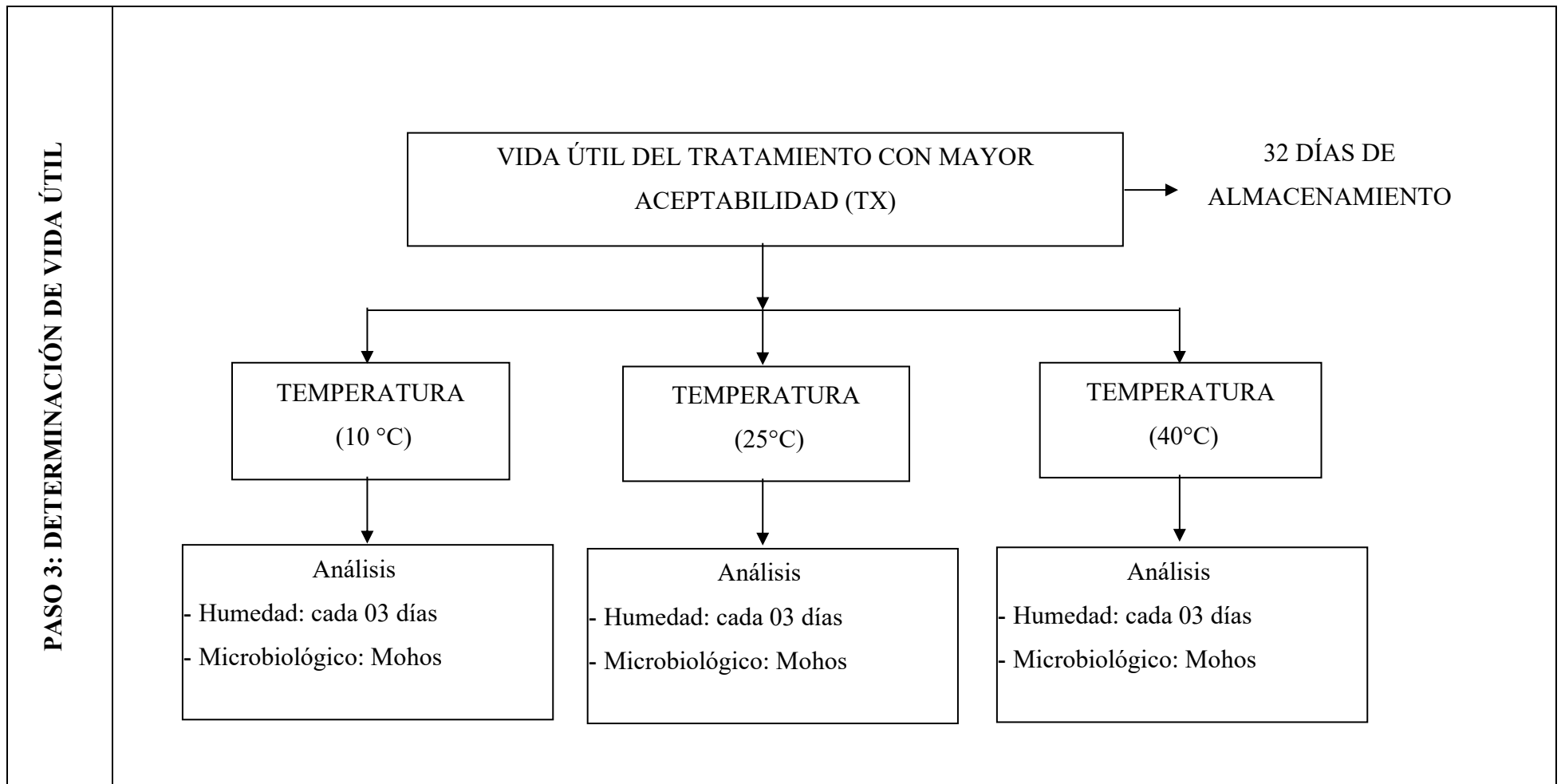


Figura 9: Diagrama experimental para la determinación de vida útil de la galleta

d) Metodología de análisis

- Determinación de vida útil de la galleta

La determinación de vida útil se llevó a cabo en los laboratorios de química de la Universidad Nacional de Juliaca, sede La Capilla. Las muestras de galleta se embolsaron en bolsas de polipropileno con cierre hermético y fueron almacenadas en tres estufas a diferentes temperaturas. Para medir la humedad, se ajustaron tres estufas a temperaturas de 10°C, 25°C y 40°C, incluyendo un recipiente de agua para simular la humedad interna. Se registraron los pesos de las muestras y el porcentaje de humedad cada tres días, utilizando una balanza de medición de humedad, realizando un total de 12 muestreos durante la evaluación.

Las muestras empleadas en el estudio provienen de un único lote de producción. Después de un periodo de almacenamiento, se llevaron a cabo pruebas microbiológicas a las muestras almacenadas.

- Método de recuento de mohos

Se empleó la técnica de recuento en placa, adecuada exclusivamente para productos con una actividad de agua $\leq 0,95$, como las galletas. Este procedimiento implica sembrar una alícuota de la muestra de galleta dulce sobre la superficie de una placa que contiene un medio de cultivo específico para mohos.

La placa se incuba a una temperatura de $25 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$ durante 5 a 7 días. Tras el periodo de incubación, se realiza el conteo de las colonias desarrolladas, diferenciando levaduras y mohos, y los resultados se expresan en g/ml de muestra. (Prado *et al.*, 2013).

Para la tinción de hongos, se preparan los frotis bacterianos indicados, que se tiñen inicialmente con verde de malaquita. Usando unas pinzas de madera, la muestra se expone a la llama de un mechero hasta que el colorante emite vapor durante 5 minutos. Luego, se elimina el exceso de colorante con abundante agua y se realiza una tinción adicional con safranina durante 1 minuto. Finalmente, el exceso de colorante se lava con agua, la preparación se seca y se observa la preparación al microscopio (Ramos *et al.*, 2012).

e) Modelo Matemático

Para la evaluación de vida útil se utilizaron pruebas aceleradas, haciendo uso de la ecuación de Arrhenius.

Labuza y Riboh (1982), mencionan que uno de los modelos más comunes para determinar la vida útil de un producto es el Modelo de Arrhenius. Originalmente desarrollado para describir reacciones químicas moleculares reversibles, este modelo se ha aplicado experimentalmente a una variedad de reacciones químicas complejas y fenómenos físicos. En particular, las reacciones que afectan la calidad de los alimentos siguen un comportamiento de Arrhenius en función de la temperatura.

- **Ecuación de Arrhenius**

$$K = K_0 e^{E_a/RT}$$

Dónde:

K = Constante de reacción.

K₀ = Constante de reacción inicial.

E_a = Energía de activación (J/mol).

R = Constante general de los gases (8,3143 J/K mol).

T = Temperatura absoluta (K = °C + 273,15).

Despejando:

$$\ln K = \ln K_0 - E_a / RT$$

f) Estimación de la vida útil promedio en base a K

Aplicando la ecuación de orden cero.

$$\ln(A) = \ln(A_0) + k \cdot t_s$$

$$t_s = \ln(A/A_0) / k$$

Donde:

A₀ = Humedad inicial de la galleta.

A = Humedad crítica.

k: Valores de las diferentes temperaturas.

t_s: Tiempo de vida útil.

- **Diseño estadístico**

Para comparar los resultados obtenidos de la evaluación de vida útil, se empleó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias. Además, se utilizó la prueba

de Duncan para identificar diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en las temperaturas de almacenamiento.

- **Análisis de Datos**

Los datos obtenidos de la experimentación fueron analizados en el software *Microsoft Excel 2016*.

3.5. HIPÓTESIS

3.5.1. Hipótesis general

- La sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) tiene un efecto significativo en el contenido de compuestos fenólicos, incremento en la cantidad de oligoelementos, mejores características fisicoquímicas, y sensorial de una galleta dulce.

3.5.2. Hipótesis específicas

- La sustitución parcial de harina de cushuro y cañihua por harina de trigo en la elaboración de galletas dulces influye significativamente en la aceptabilidad sensorial de una formulación adecuada para su comercialización.
- A mayor porcentaje de sustitución de harina de cushuro y cañihua por harina de trigo en la elaboración de galletas dulces mayor será el contenido de compuestos fenólicos, oligoelementos, mejores características fisicoquímicas.
- La vida útil de la galleta dulce a base de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo de la muestra con mayor aceptabilidad será influenciada por la temperatura, humedad y días de almacenamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA

Previo a la determinación de la formulación se analizó la composición química proximal de la materia prima que se empleó para elaborar galletas dulces con sustitución parcial, los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 14: *Composición química proximal de harina de cushuro.*

COMPONENTES				PROMEDIO ± DE
	R1	R2	R3	
Carbohidrato %	33.2	33.4	32.5	33.03 ± 0.473
Proteína %	17.97	17.65	17.25	17.62 ± 0.361
Grasa %	0.85	0.84	0.87	0.85 ± 0.015
Ceniza %	3.48	3.37	3.56	3.47 ± 0.095
Humedad %	3.13	3.23	3.06	3.14 ± 0.085
Acidez %	0.062	0.064	0.062	0.063 ± 0.001

Nota: R= repeticiones. Los datos se presentan como promedio ± DE: desviación estándar.

En la Tabla 14, se muestra los valores obtenidos en el análisis químico proximal realizados a la harina de cushuro, donde la harina de cushuro obtuvo un porcentaje de carbohidratos de 33.03%, proteína (17.62%), grasa (0.85%), ceniza (3.47%), humedad (3.14%) y acidez (0.063) estos valores difieren a lo reportados por el Centro alimentación y nutrición (2017), donde el cushuro deshidratado contiene un porcentaje de proteína de 29%, carbohidratos (46.9%), grasa total (0.5%) y ceniza (8.5 %). Por otro lado, Aldave (2015), reportó que su muestra de cushuro deshidratado contiene proteína (30%), carbohidrato (50%), grasas (0.5%). Por su parte, Gantar (2008), indica que el cushuro deshidratado contiene proteína en 25.4%, carbohidrato (62.4%), grasas (0.8%) y cenizas (5.10%). Se observa que los resultados

son similares, ya que el contenido químico proximal del cushuro depende de las características del entorno en el que se desarrolla, como el clima, la altitud, la variedad, entre otras, según lo mencionado por Culqui y Guevara (2022).

Tabla 15: Composición química proximal de harina de cañihua.

COMPONENTES				PROMEDIO ± DE
	R1	R2	R3	
Carbohidrato %	81.09	81.3	81.02	81.14 ± 0.146
Proteína %	13.73	13.69	13.67	13.70 ± 0.031
Grasa %	3.25	3.28	3.27	3.27 ± 0.015
Ceniza %	3.32	3.36	3.33	3.34 ± 0.021
Humedad %	5.63	5.62	5.65	5.63 ± 0.015
Acidez %	0.07	0.074	0.073	0.072 ± 0.002

Nota: R= repeticiones. Los datos se presentan como promedio ± DE: desviación estándar.

En la Tabla 15, se muestra los valores obtenidos en el análisis químico proximal realizados a la harina de cañihua, donde se obtuvo un porcentaje de proteína de 13.70%, carbohidrato (81.14%), grasa (3.27%), ceniza (3.34%), humedad (5.63%), acidez (0.072%) y fibra (11.45%). Estos resultados son muy similares a las investigaciones realizadas por Apaza (2010) donde la harina de cañihua de variedad Cupi obtuvo un porcentaje de proteína (13.48%), humedad (8.45%), fibra (10.28%), ceniza (4.10%), grasa (3.88%) y carbohidrato (59.81%). Estos resultados están acordes a la Norma Técnica Peruana 011.455:2015 que establece un mínimo de 12% de proteína, humedad un máximo (5.5%) y cenizas un máximo (4.5%) haciéndolas aptas para el consumo humano.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN ADECUADA DE HARINA DE CUSHURO Y CAÑIHUA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE HARINA DE TRIGO EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES EN RELACIÓN A LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL

Para determinar la formulación adecuada de harina de trigo, cushuro y cañihua en la elaboración de galletas dulces, se aplicó una evaluación de aceptabilidad sensorial en 100 niños y 100 adultos, jueces de tipo consumidor.

4.2.1. Evaluación de la aceptabilidad sensorial de la galleta en jueces niños

La evaluación de la aceptabilidad sensorial de las galletas dulces se llevó a cabo con niños de cuatro instituciones de la Provincia de San Román, utilizando una escala de calificación de 5 puntos. Esto facilitó determinar el nivel de aceptabilidad en los 10 tratamientos con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo por harinas cushuro y cañihua.

La Tabla 16 presenta los resultados en promedio de la evaluación de aceptabilidad sensorial con los atributos de calificación (color, olor, sabor y textura) de las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro y cañihua.

Tabla 16: Resultado de aceptabilidad sensorial para los diez tratamientos de galletas con sustitución parcial en jueces niños.

T*	Color	Olor	Sabor	Textura
T1	4.85 ± 0.97	4.79 ± 0.96	4.89 ± 0.81	4.58 ± 0.96
T2	4.24 ± 0.84	4.10 ± 0.88	4.12 ± 0.80	4.13 ± 0.91
T3	4.31 ± 0.90	4.19 ± 0.81	4.22 ± 0.79	4.14 ± 0.83
T4	4.3 ± 0.93	3.90 ± 0.93	4.37 ± 0.91	4.13 ± 0.92
T5	4.31 ± 1.01	3.89 ± 0.89	4.19 ± 0.86	4.10 ± 1.10
T6	3.97 ± 0.88	3.91 ± 0.89	3.80 ± 0.90	4.03 ± 0.96
T7	4.94 ± 0.49	4.93 ± 0.59	4.97 ± 0.58	4.65 ± 0.66
T8	4.67 ± 0.87	4.48 ± 0.91	4.75 ± 0.92	4.23 ± 0.92
T9	4.63 ± 0.85	4.56 ± 0.91	4.53 ± 0.82	3.98 ± 0.91
T10	4.72 ± 0.81	4.66 ± 0.83	4.67 ± 0.85	4.23 ± 0.85

T* = Tratamientos. Los datos se presentan como promedio ± DE: desviación estándar (n=100).

En la Tabla 16, se presentan los valores promedios de aceptabilidad sensorial de los 10 tratamientos. Se puede observar que el tratamiento T7 que, contiene un 10% de harina de trigo, 10% de harina de cushuro y 5% de harina de cañihua, recibió la mayor aceptación en los jueces niños.

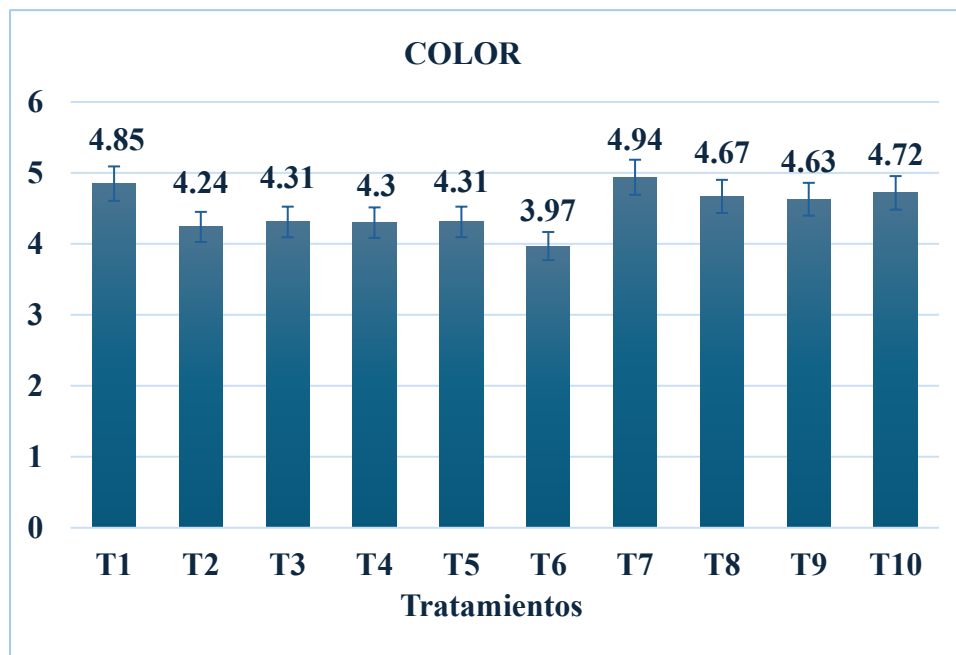


Figura 10: Aceptabilidad de acuerdo al atributo color en la galleta

En la figura 10 se observa que el tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad sensorial en jueces niños con respecto al atributo color fue el tratamiento T7 con un promedio de aceptabilidad de 4.94 el cual contiene (10% HT, 10% HC, 5% HCÑ), seguido por los tratamientos T1 el cual presenta (20% HT, 5% HC, 0% HCÑ) y T10 (7.50% HT, 7.50% HC, 10% HCÑ).

Asimismo, se observa que los tratamientos T9 (7.50% HT, 15% HC, 2.50% HCÑ), T3 (5% HT, 5% HC, 15% HCÑ), T5 (12.50% HT, 5% HC, 7.50% HCÑ), T4 (12.50% HT, 12.50% HC, 0% HCÑ), fueron aceptados por los jueces niños, también se observa que, los tratamientos T3 y T4 presentan igual promedio de aceptabilidad, probablemente por su composición, ya que ambos tratamientos presentan 5 % de harina de cushuro.

Por otra parte, se observa que los tratamientos menos aceptados por los jueces niños fueron los tratamientos T2 el cual contiene (5% HT, 20% HC, 0% HCÑ) y T6 (5% HT, 12.50% HC, 7.50% HCÑ).

Los valores promedio de la evaluación de aceptación de diez tratamientos, con porcentajes distintos de reemplazo de harina de trigo por harina de cushuro y cañihua, fueron aplicados a jueces niños, se ajustaron a un modelo estadístico para explicar mejor el comportamiento de las variables. Utilizando el programa estadístico STATISTICA, se llevó a cabo un análisis de varianza considerando los modelos matemáticos presentados en los anexos (10,11,12 y

13). Se seleccionó el modelo cúbico especial porque fue el que explicó mejor el experimento, permitiendo crear la gráfica de contorno y la superficie de respuesta para los aspectos de color, olor, sabor y textura de las galletas dulces.

El empleo del software en el análisis de diseño de mezclas asegura una presentación adecuada de los datos y facilita su interpretación. Además, esta herramienta puede ser una solución valiosa para que la industria galletera mejore la calidad de sus productos.

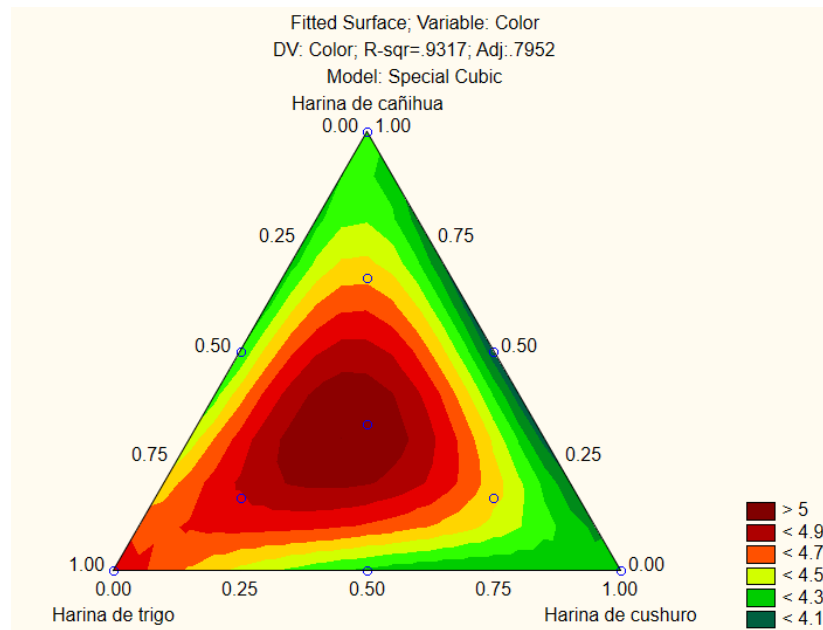


Figura 11: Gráfica de contorno del atributo color

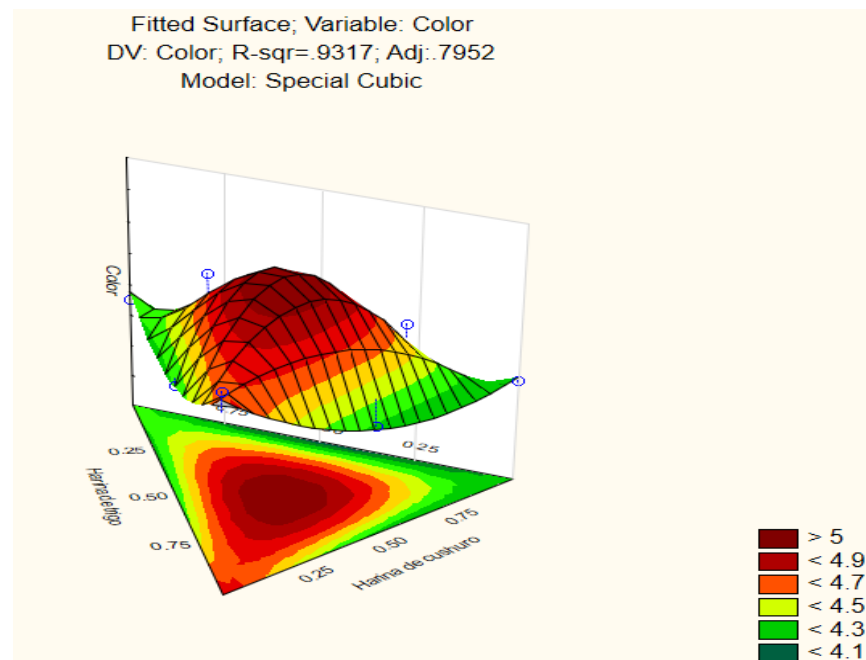


Figura 12: Gráfica de superficie de respuesta del atributo color

En las figuras 11 y 12, se observa la región de interés que indica la máxima aceptabilidad y está representada por la zona de color rojo (Cornell, 2002). Además, se puede observar que, el coeficiente de determinación es 0.9317, lo cual es cercano a 1, indicando que el modelo cubico especial es el indicado. Así mismo, muestra que la harina de trigo tiene un grado estable, mientras que una mayor adición de harina de cañihua aumenta la aceptabilidad del atributo color en la galleta dulce.

Velasco *et al.*, (2013), en su investigación titulada “Uso del alga marina (*Sargassum spp*). Con adición a la harina de trigo para preparar galletas alimenticias para consumo humano” empleó una sustitución parcial de 15 y 20 % de harina de alga (*Sargassum spp*) sobre la harina de trigo. Esta concentración es similar al presente proyecto, donde se sustituyó parcialmente la harina de cushuro en 10% y harina de cañihua en un 5%. Por otra parte, Velasco incorporo chocolate para disimular el color oscuro propio de las algas, mientras que en el presente proyecto se empleó cañihua para lograr un color visualmente más aceptable.

Por otra parte, Villarroel *et al.*, (2009), mencionan que el tiempo de horneado es un factor crucial y afecta en el color de las galletas las cuales se vuelven más oscuras a medida que se hornean más tiempo, esto es uno de los criterios que influyen en la aceptabilidad general de la galleta. El cambio de color que ocurre durante el horneado muestra que hay un proceso complicado en marcha, conocido como pardeamiento o reacción de Maillard. Esto plantea la posibilidad de que el proceso de horneado sea la raíz del problema (Toaquiza, 2012), el cual concuerda con lo mencionado por Cutipa (2022), quien realizó un estudio sobre el pan francés, sustituyendo la harina de trigo por harina de cushuro en diferentes porcentajes (5 %, 10 %, 15 % y 20 %), donde se evaluaron las características sensoriales de olor, sabor, textura y aspecto mediante una escala hedónica, obteniendo la mayor aceptabilidad para la sustitución al 5 %. El escritor señaló que el cambio de color en las galletas, causado por el pardeamiento o la reacción de Maillard durante el proceso de horneado, puede afectar su aceptación.

Valencia *et al.*, (2024), mencionan que la similitud en el color en galletas fortificadas con cushuro (*Nostoc sphaericum*), tiene un impacto significativo en la aceptabilidad del consumidor. Así que se puede pensar que los jueces jóvenes tuvieron una buena impresión de este aspecto, y eso se mostró en la calificación que obtuvo.

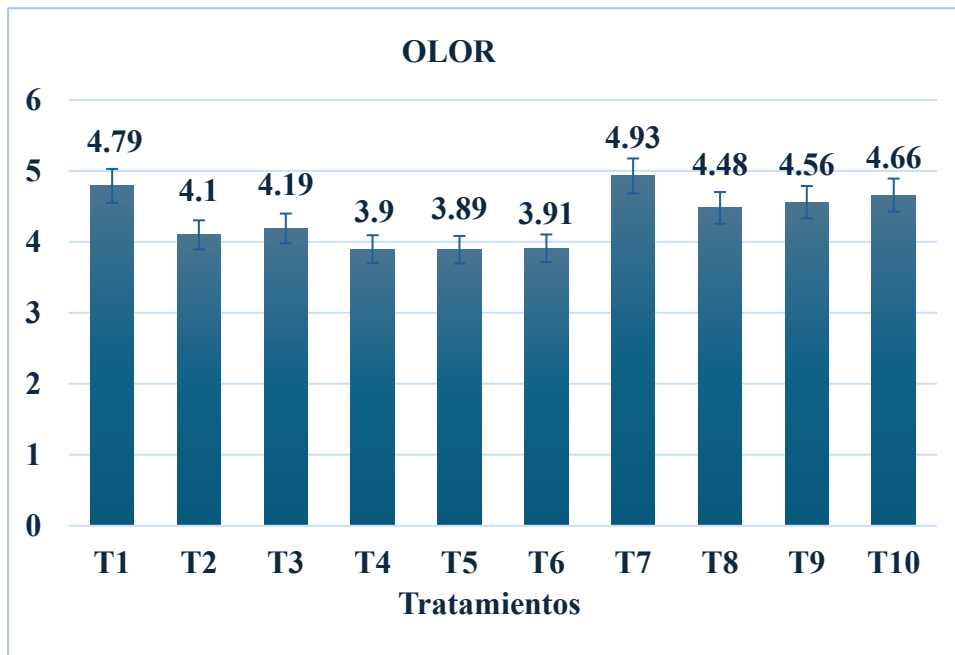


Figura 13: Aceptabilidad de acuerdo al atributo olor en la galleta

En la figura 13 se observa que el tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad sensorial en jueces niños con respecto al atributo olor fue el tratamiento T7 con un promedio de aceptabilidad de 4.93 el cual contiene (10% HT, 10% HC, 5% HCÑ), seguido por los tratamientos T1 con un promedio de aceptabilidad de 4.79 el cual presenta (20% HT, 5% HC, 0% HCÑ) y T10 con un promedio de aceptabilidad de 4.66 el cual presenta (7.50% HT, 7.50% HC, 10% HCÑ).

Asimismo, se observa que los tratamientos T9 (7.50% HT, 15% HC, 2.50% HCÑ), T8 (15% HT, 7.50% HC, 2.50% HCÑ), T3 (5% HT, 5% HC, 15% HCÑ), T2 (2% HT, 20% HC, 0% HCÑ), fueron aceptados por los jueces niños.

Por otra parte, se observa que los tratamientos menos aceptados por los jueces niños fueron los tratamientos T6 con un promedio de aceptabilidad de 3.91 el cual contiene (5% HT, 12.50% HC, 7.50% HCÑ), seguido por los tratamientos T4 con un promedio de aceptabilidad de 3.9 el cual presenta (12.50% HT, 12.50% HC, 0% HCÑ) y T5 con un promedio de aceptabilidad de 3.89 el cual contiene (12.50% HT, 5% HC, 7.50% HCÑ).

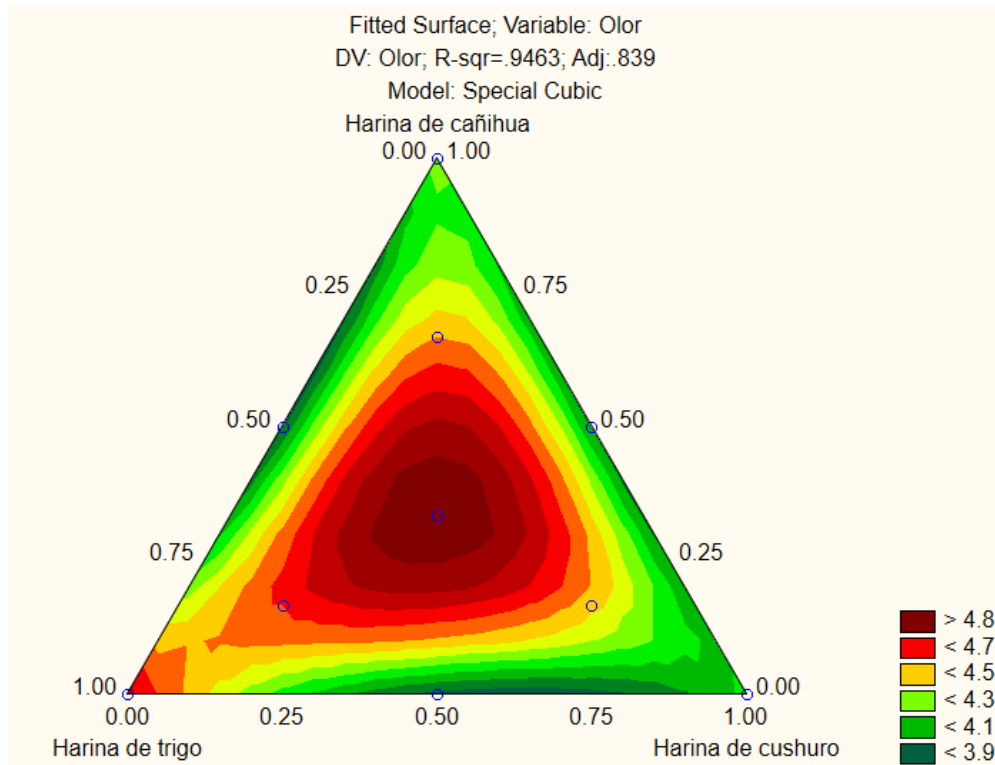


Figura 14: Gráfica de contorno del atributo olor

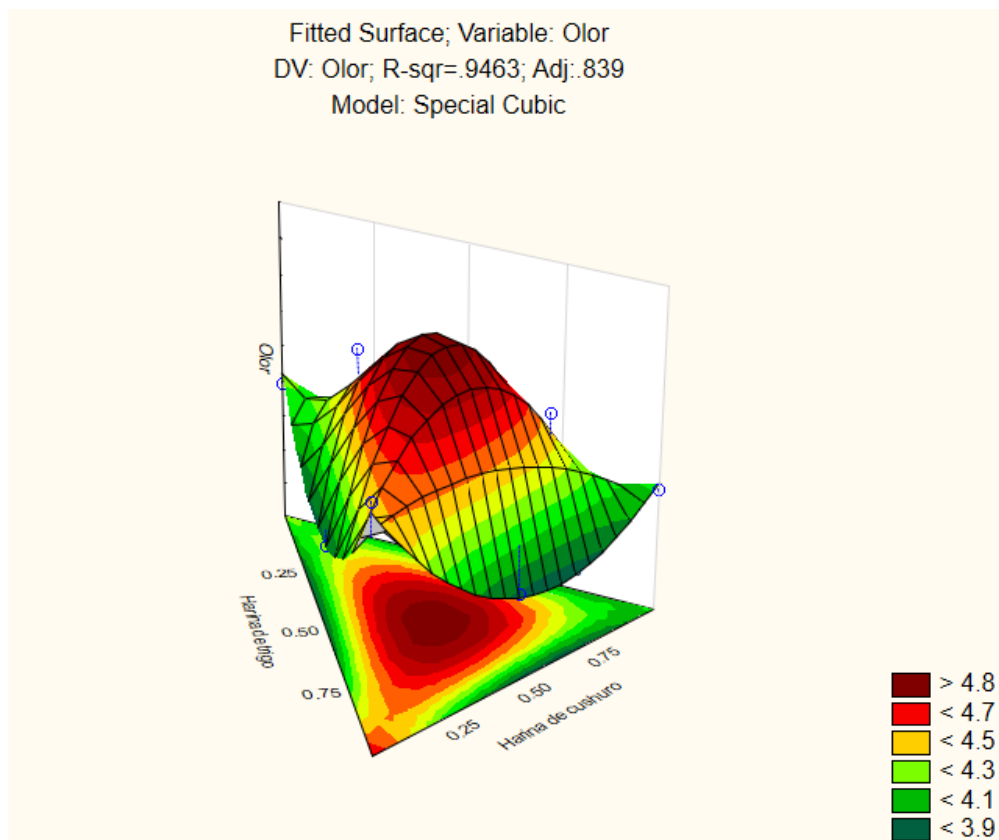


Figura 15: Gráfica de superficie de respuesta del atributo olor

En la Figura 14 y 15, se observa la región de interés que indica la máxima aceptabilidad y está representada por la zona de color rojo (Cornell, 2002). Asimismo, se puede concluir que el coeficiente de determinación es 0.9463, lo cual es cercano a 1, indicando que el modelo cúbico especial es el adecuado. Además, la harina de trigo mantuvo un nivel constante, mientras que una mayor adición de harina de cañihua y cushuro no disminuye la aceptación del olor.

Méndez *et al.*, (2020), realizaron una sustitución parcial de harina de trigo por harina de macroalga (*C. chamissoi yuyo*) en galletas, con porcentajes de sustitución 3.40%, 6.28% y 9.13% de macroalga, donde obtuvo un porcentaje promedio de aceptabilidad de 3.74, 3.77 y 3.79 respectivamente y el comportamiento de nuestros resultados para la percepción promedio del olor en el tratamiento 7 con 10% de cushuro se obtuvo un porcentaje promedio de 4.93 de aceptabilidad siendo este valor más alto a la sustitución de 9.13% de macroalgas reportado por Méndez lo cual indica que el cushuro al no tener olor adopta las características de los alimentos con el cual se mezcla. Shahbazizadeh *et al.* (2015), mencionan que, la incorporación de microalgas como la (*Spirulina platensis*), afecta negativamente los atributos sensoriales ya que tiene un fuerte flavor debido a su procedencia, el cual fijado a las proteínas podría afectar de manera negativa en la evaluación sensorial. En este caso se utilizó el cushuro (*Nostoc sphaericum*), procedente de lagunas de agua dulce y manantiales del distrito de lampa, los cuales se encuentran lejanas a la población que podrían causar contaminación en sus aguas y afectar de manera negativa al olor del cushuro. Cayot (2007), menciona que, el olor agradable o menos agradable de un producto de panificación se origina por la actividad enzimática durante el amasado, fermentación y durante el horneado y con ello la reacción de Maillard y de caramelización. También, Richard (1994). Indica que el amasado (intensidad y duración) es uno de los pasos más importantes en la obtención de pan y otros productos relacionados para la generación de precursores de aroma mediante la acción enzimática.

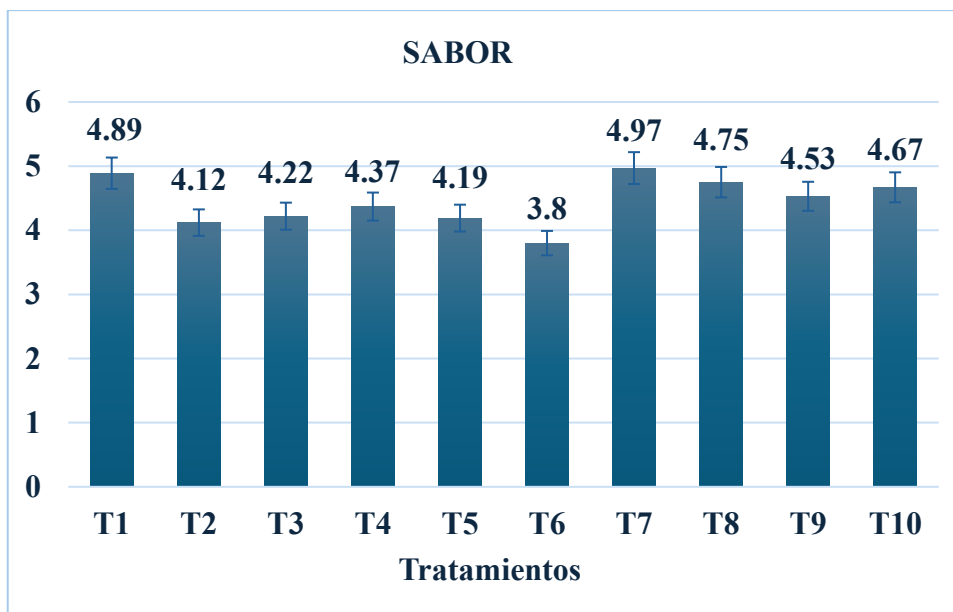


Figura 16: Aceptabilidad de acuerdo al atributo sabor en la galleta

En la figura 16 se observa que el tratamiento con mayor aceptabilidad sensorial en jueces niños con respecto al atributo sabor fue el tratamiento T7 con un promedio de aceptabilidad de 4.97 el cual contiene (10% HT, 10% HC, 5% HCÑ), seguido por los tratamientos T1 con un promedio de aceptabilidad de 4.89 el cual presenta (20% HT, 5% HC, 0% HCÑ), T8 con un promedio de aceptabilidad de 4.75 el cual presenta (15% HT, 7.50% HC, 2.50% HCÑ) y T10 con un promedio de aceptabilidad de 4.67 el cual presenta (7.50% HT, 7.50% HC, 10% HCÑ).

Asimismo, se observa que los tratamientos T9 (7.50% HT, 15% HC, 2.50% HCÑ), T4 (12.50% HT, 12.50% HC, 0% HCÑ), T3 (5% HT, 5% HC, 15% HCÑ), T5 (12.50% HT, 5% HC, 7.50% HCÑ), T2 (5% HT, 20% HC, 0% HCÑ), fueron aceptados por los jueces niños. Por otra parte, se observa que el tratamiento con menor aceptación por los jueces niños fue el tratamiento T6 con un promedio de aceptabilidad de 3.8 el cual contiene (5% HT, 12.50% HC, 7.50% HCÑ).

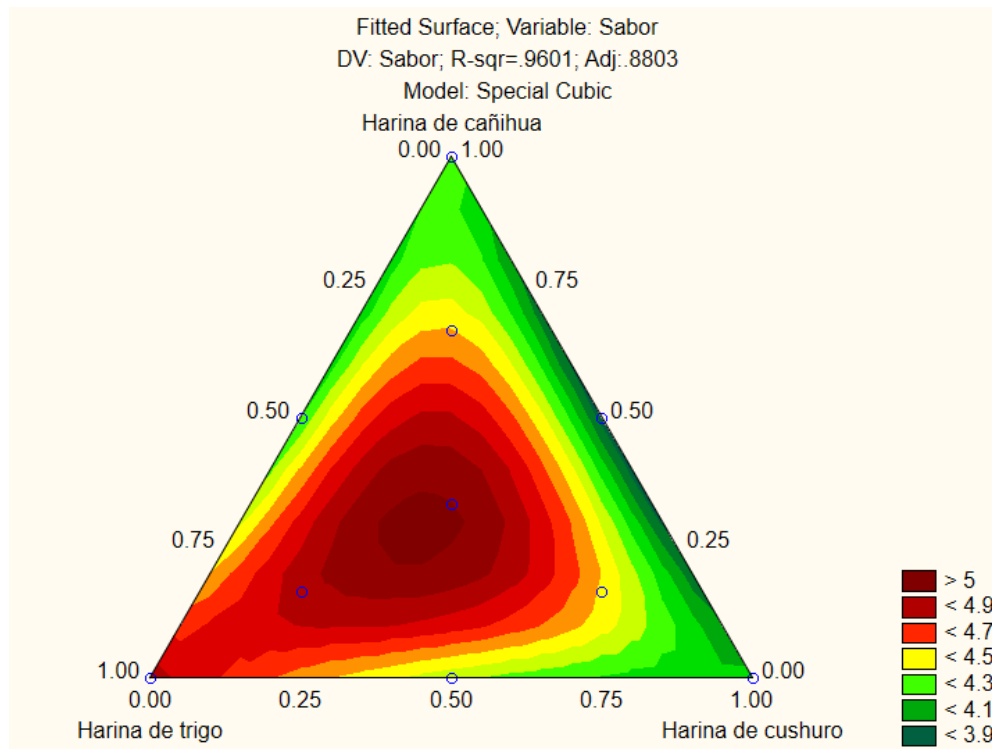


Figura 17: Gráfica de contorno del atributo sabor

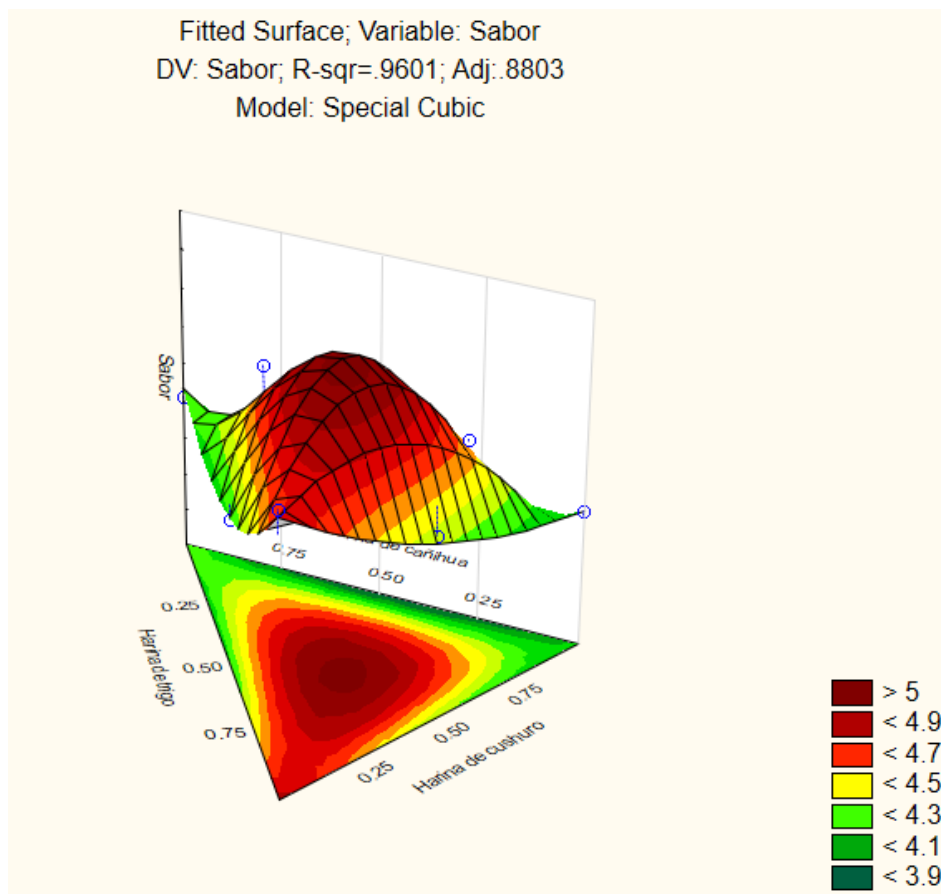


Figura 18: Gráfica de superficie de respuesta del atributo sabor

En la Figura 17 y 18, se observa la región de mayor interés que indica la máxima aceptación y está representada por la zona de color rojo (Cornell, 2002). Así mismo, se puede observar que el coeficiente de determinación es 0.9601 siendo más cercano a 1, indicando que el modelo especial cubico es el indicado. Además, la harina de trigo mantuvo un nivel constante, mientras que una mayor adición de harina de cañihua reduce la aceptación del sabor. Sin embargo, una mayor adición de harina de cushuro no afecta negativamente la aceptación del sabor.

Méndez *et al.*, (2020), realizaron una sustitución parcial de harina de trigo por harina de macroalga (*C. chamissoi yuyo*) en galletas, con porcentajes de sustitución 3.40%, 6.28% y 9.13% de macroalga, donde obtuvo un porcentaje promedio de aceptabilidad de 3.40, 3.40 y 6.28 respectivamente y el comportamiento de nuestros resultados para la percepción promedio del sabor en el tratamiento 7 con 10% de cushuro se obtuvo un porcentaje promedio de 4.97 de aceptabilidad siendo este valor más alto a la sustitución de 6.28% de macroalgas reportado por Méndez. Según Rubio (2018), menciona que, el cushuro no tiene sabor perceptible; y al combinarse con otro producto alimenticio, adquiere el sabor de este. Por lo tanto, se puede usar como ingrediente en la preparación de todo tipo de producto.

Cutipa (2022), realizó un estudio sobre el pan francés, sustituyendo la harina de trigo por harina de cushuro en diferentes porcentajes (5 %, 10 %, 15 % y 20 %). Se analizaron las cualidades sensoriales de aroma, gusto, textura y aspecto general mediante una escala hedónica. Se observó que la aceptación fue más alta para la sustitución al 5 %, con una media de 4.2, siendo un valor menor a nuestro resultado que fue 4.97.

Culqui y Guevara (2022), muestran el análisis de varianza (ANOVA) de los atributos de (color 0.225, olor 0.654, sabor 0.601, textura 0.487) siendo mayor a 0.05. Esto sugiere que las medias de las muestras son iguales, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las galletas hechas con 2%, 4%, y 6% de la harina de cushuro.

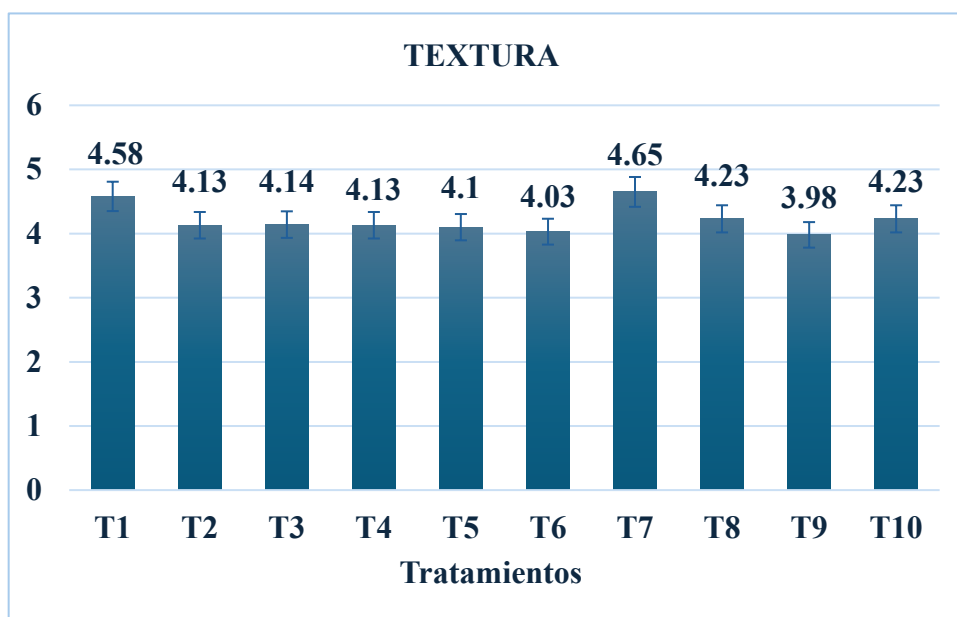


Figura 19: Aceptabilidad de acuerdo al atributo textura en la galleta

En la figura 19 se observa que el tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad sensorial en jueces niños con respecto al atributo sabor fue el tratamiento T7 con un promedio de aceptabilidad de 4.65 el cual contiene (10% HT, 10% HC, 5% HCÑ), seguido por los tratamientos T1 con un promedio de aceptabilidad de 4.58 el cual presenta (20% HT, 5% HC, 0% HCÑ), T8 con un promedio de aceptabilidad de 4.23 el cual presenta (15% HT, 7.50% HC, 2.50% HCÑ) y T10 con un promedio de aceptabilidad de 4.23 el cual presenta (7.50% HT, 7.50% HC, 10% HCÑ), teniendo estos dos últimos tratamientos igual promedio de aceptabilidad, probablemente debido a su composición ya que ambos tratamientos presentan 7.50% de harina de cushuro, lo mismo ocurre con el tratamiento T3 el cual contiene (5% HT, 5% HC, 15% HCÑ) y T5 (12.50% HT, 5% HC, 7.50% HCÑ) los cuales presentaron de 4.14 y 4.1 respectivamente, esto se puede ser ocasionado debido a su composición ya que estos dos últimos tratamientos presentan un 5% de harina de cushuro.

Asimismo, se observa que los tratamientos T2 con un promedio de aceptabilidad de 4.13 el cual contiene (5% HT, 20% HC, 0% HCÑ) y T4 (12.50% HT, 12.50% HC, 0% HCÑ) presentan un promedio de aceptabilidad de 4.13, esto puede deberse a su composición ya que ambos tratamientos no contienen harina de cañihua.

Por otra parte, se observa que los tratamientos menos aceptados por los jueces niños fue el tratamiento T6 (5% HT, 12.50% HC, 7.50% HCÑ) y T9 (7.50% HT, 15% HC, 2.50% HCÑ).

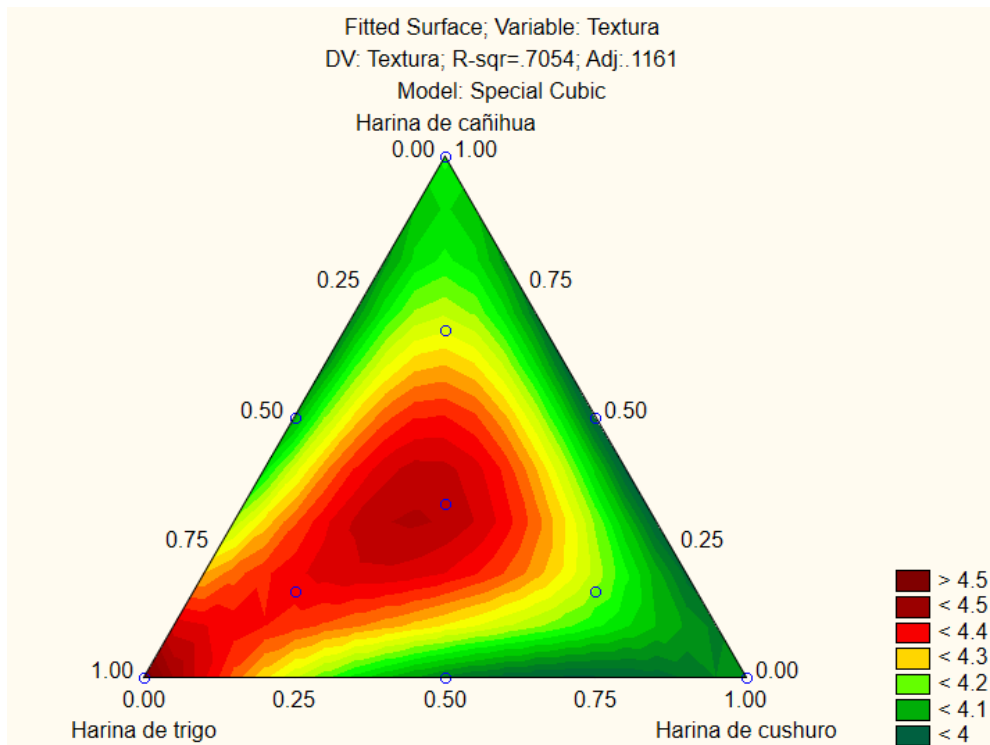


Figura 20: Gráfica de contorno del atributo textura

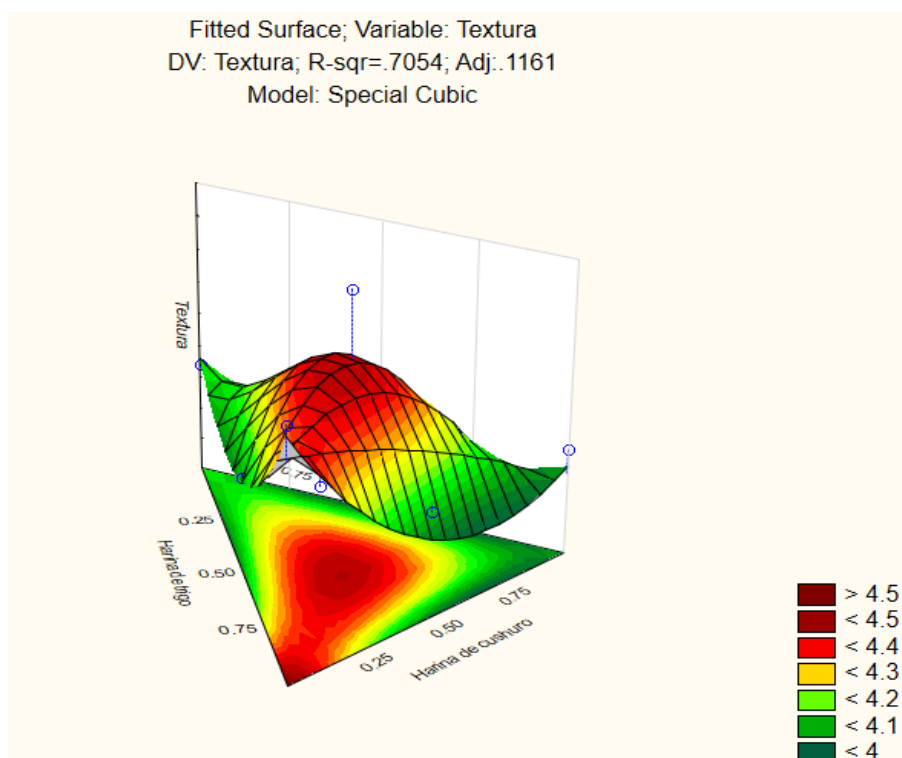


Figura 21: Gráfica de superficie de respuesta del atributo textura

En la Figura 20 y 21, se observa la región de interés que indica la máxima aceptabilidad y está representada por la zona de color rojo (Cornell, 2002). De igual manera, se puede concluir que el coeficiente de determinación es 0.7054, lo cual es relativamente bajo. Además, la harina de trigo mantuvo un nivel constante, mientras que una mayor cantidad de harina de cañihua incrementa la aceptación de la textura. Sin embargo, una mayor cantidad de harina de cushuro reduce la aceptación de la textura.

La incorporación de harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) afecta significativamente la aceptabilidad de la textura de la galleta. A medida que aumenta la concentración de harina de cushuro, la aceptación del producto final disminuye. Esto se debe a la actividad de los hidrocoloides presentes en el cushuro, que tienden a absorber la mayor cantidad de agua posible para rehidratarse y crear un gel. Por otro lado, Torres *et al.* (2015) indican que, a mayor humedad en las galletas, menor es su dureza, ya que las moléculas de agua en la matriz provocan un ablandamiento y suavidad de dicha estructura. Sin embargo, Hough (2000), encontró una correlación inversa entre la crocantez y la dureza sensorial, siendo esta última mayor conforme aumentaba la humedad del alimento.

Lara y Lescano (2004), indican que la textura desempeña un papel importante en la apreciación y es determinante para aceptar o rechazar un alimento. La textura es esencialmente una experiencia con el ser humano que se origina de la interacción con el alimento durante su consumo o manipulación. En resumen, la textura es un factor clave en la calidad de los alimentos y puede afectar nuestra elección de qué galletas aceptar o rechazar.

La incorporación de la harina de cañihua de la variedad cupi en la formulación de la galleta, aporta propiedades de alta solubilidad, gran capacidad de retención de agua y alto rango de temperatura de gelatinización gracias al contenido de amilosa señalado por Steffolani *et al.*, (2013) y contenido de amilopectina reportado por Sayra (2021). Es por eso, que posiblemente haya influido en el cushuro y la textura.

De acuerdo con lo señalado por Slattery *et al.* (2000), las cantidades relativas de amilosa y amilopectina son fundamentales para definir su funcionalidad de la harina. En cuanto al análisis de aceptación de textura de la galleta, es probable que los consumidores prefieran una textura blanda en las galletas que se obtiene debido a la mayor concentración de margarina.

Según, Cutipa (2022), afirma que la utilización de cushuro es un factor determinante para que el producto final tenga una textura aceptable, cuanto menor es la concentración de harina de cushuro, mayor es el grado de aceptabilidad del producto. Sin embargo, al mismo tiempo, la galleta con sustitución parcial no parece desmoronarse, posiblemente debido a la presencia de fibra derivada de la adición de harina de cushuro.

Tabla 17: Resultado de calificación para los atributos de las galletas dulces en jueces niños.

Atributos de calificación	Promedio
Color	4.494 ± 0.31 ^a
Sabor	4.451 ± 0.38 ^a
Olor	4.341 ± 0.39 ^{ab}
Textura	4.220 ± 0.22 ^b

Nota: Los datos se presentan como promedio ± DE: desviación estándar. Las medias que no tienen una letra en común son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En la Tabla 17 se presenta la calificación de atributos de la galleta dulce en los 10 tratamientos aplicada en jueces niños, se puede apreciar que los atributos que más aportan a la galleta dulce son el color con un puntaje promedio de 4.494 con puntaje promedio mayor se diferencian estadísticamente con el otro grupo de los demás criterios durante el proceso de experimentación y el sabor con un promedio de 4.451. Así mismo, se observa que el grupo “A” está representado por el atributo color, sabor y olor, el grupo “B” representado por el atributo olor y textura.

Tabla 18: Promedio de calificación de los tratamientos en la elaboración de galletas dulces en jueces niños.

T*	Calificación de tratamientos
T7	4.8725 ± 0.15 ^a
T1	4.7775 ± 0.14 ^a
T10	4.5700 ± 0.23 ^{ab}
T8	4.5325 ± 0.23 ^{abc}
T9	4.4250 ± 0.30 ^{bcd}
T3	4.2150 ± 0.07 ^{cde}
T4	4.1750 ± 0.21 ^{de}
T2	4.1475 ± 0.06 ^{de}
T5	4.1225 ± 0.18 ^{de}
T6	3.9275 ± 0.10 ^e

T* = tratamientos. Los datos se presentan como promedio ± DE: desviación estándar. Las medias que no comparten una letra muestran que existe diferencia significativa entre la media ($p < 0.05$).

En la Tabla 18, se presenta la prueba de comparaciones múltiples de Duncan ($P \leq 0.05$), para las dosis en los tratamientos, donde se clasificaron en 5 grupos a los tratamientos, así mismo se observa que el T7 (4.8725) y T1 (4.7775) con puntajes promedio mayor difiere significativamente con respecto a los otros tratamientos. Por otro lado, se observa que el grupo “A” está representado por los tratamientos T7, T1, T10 y T8. El grupo “B” incluye los tratamientos T10, T8 y T9. El grupo “C” está conformado por los tratamientos T8, T9, T3. El grupo “D” está representado por los tratamientos T9, T3, T4, T2, T5. Finalmente, el grupo “E” está conformado por los tratamientos T3, T4, T2, T5, T6.

4.2.2. Evaluación de la aceptabilidad sensorial de la galleta en jueces adultos

La evaluación de la aceptabilidad sensorial en las galletas dulces con respecto a la apariencia general fue aplicada en adultos con el uso de una escala de 5 puntos. Esto hizo posible establecer cuán aceptables eran los 10 tratamientos que usaban distintos niveles de harina de cushuro y cañihua en lugar de harina de trigo.

Tabla 19: Resultado de aceptabilidad para los diez tratamientos de galletas con sustitución parcial en jueces adultos.

T*	Apariencia general
T1	4.86 ± 0.35 ^{abc}
T2	4.06 ± 0.79 ^{cde}
T3	4.2 ± 1.07 ^{cde}
T4	4.28 ± 0.59 ^{bcd}
T5	3.89 ± 0.72 ^{de}
T6	3.84 ± 0.87 ^e
T7	4.96 ± 0.20 ^a
T8	4.92 ± 0.27 ^{ab}
T9	3.71 ± 1.08 ^e
T10	4.57 ± 0.57 ^{bcd}

Nota: T* = tratamientos. Los datos se muestran como media ± DE: desviación estándar. Los valores con letras distintas en la misma columna indican que hay una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$)

En la Tabla 19, se presenta los valores promedios de la aceptabilidad de los 10 tratamientos y dando a conocer que la mayor aceptación en los jueces adultos fue el tratamiento T7 el cual contiene un 10% harina de trigo, 10% harina de cushuro y 5 % harina de cañihua, con un promedio de 4.96, y es seguido por los tratamientos (T8, T1 y T10). Por otro lado, los tratamientos T6 y T9 fueron los de menor aceptación por los jueces adultos, tal vez a su composición.

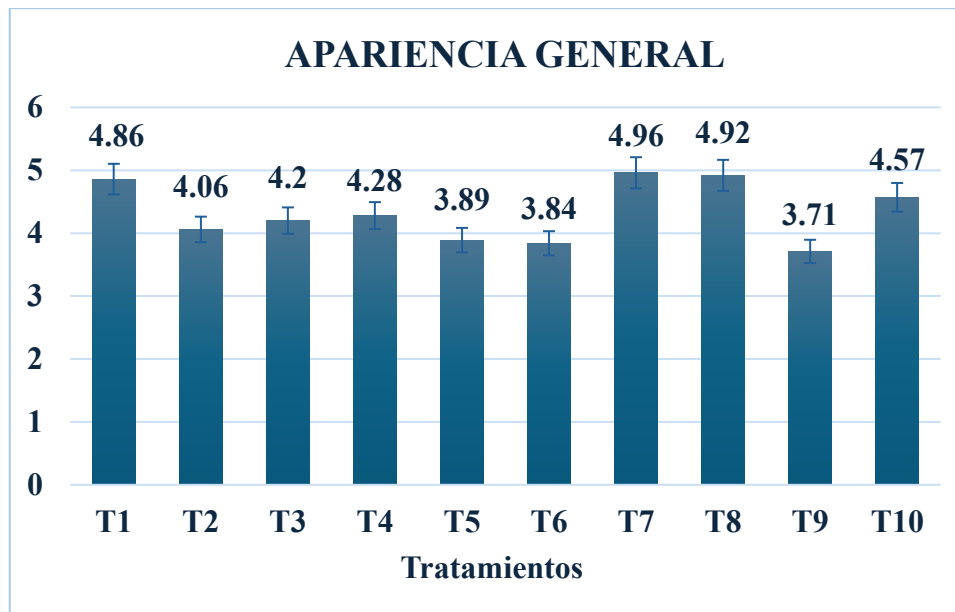


Figura 22: Diagrama de aceptabilidad sensorial de los tratamientos en jueces adultos

En la Figura 22 se observa que el tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad sensorial en jueces adultos con respecto a la apariencia general de la galleta dulce fue el tratamiento T7 con un promedio de aceptabilidad de 4.96 el cual contiene (10% HT, 10% HC, 5% HCÑ), seguido por los tratamientos T8 el cual presenta (15% HT, 7.50% HC, 2.50% HCÑ), T1 (20% HT, 5% HC, 0% HCÑ), T10 (7.50% HT, 7.50% HC, 10% HCÑ), T4 (12.50% HT, 12.50% HC, 0% HCÑ) y T3 (5% HT, 5% HC, 15% HCÑ), T2 (5% HT, 20% HC, 0% HCÑ), T5 (12.50% HT, 5% HC, 7.50% HCÑ), T6 (5% HT, 12.50% HC, 7.50% HCÑ), y T9 (7.50% HT, 15% HC, 2.50% HCÑ).

Los valores medios obtenidos de la prueba de aceptabilidad para los diez tratamientos, que incluían distintos porcentajes de reemplazo de harina de trigo por harinas de cushuro y cañihua, fueron adaptados a un modelo estadístico que detalla mejor el comportamiento de las variables. Para esto se utilizó el software estadístico STATISTICA, que realizó el análisis de varianza con los modelos matemáticos presentados en el anexo 14. Se eligió el modelo cúbico especial como el que mejor esclareció el experimento, lo que facilitó la elaboración de la gráfica de contorno y de la superficie de respuesta.

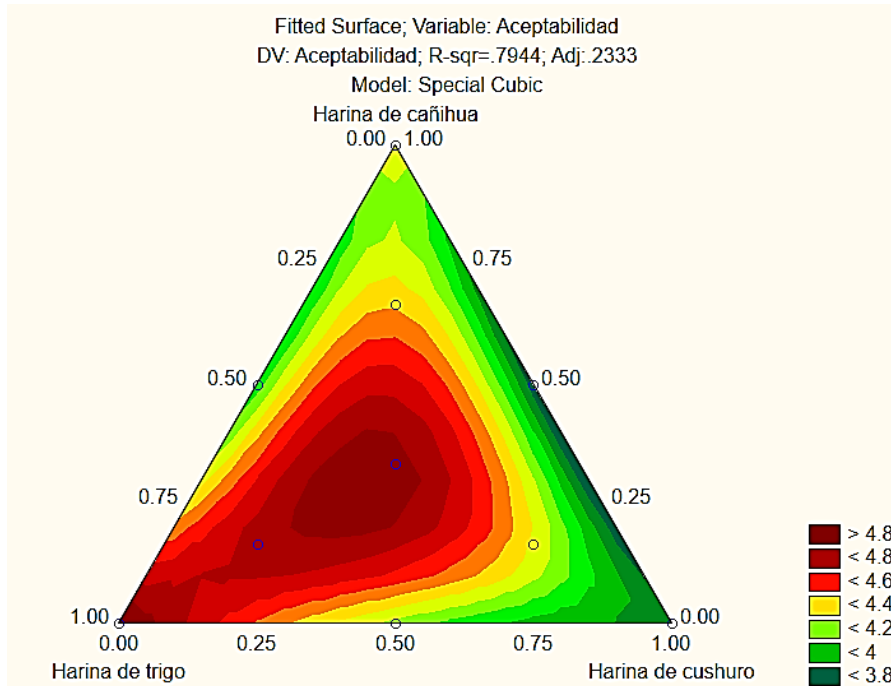


Figura 23: Gráfica de contorno de aceptabilidad en adultos

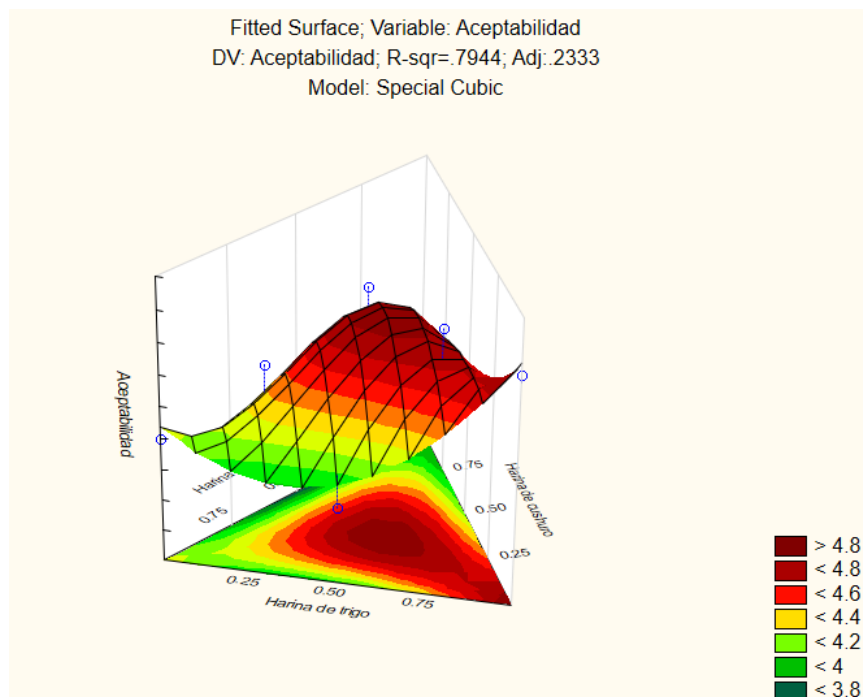


Figura 24: Gráfica de Superficie de respuesta de aceptabilidad en adultos

En las figuras 23 y 24, se muestra la gráfica de contorno del modelo cubico especial y la gráfica de superficie de respuesta, en ellas se puede observar que la aceptabilidad aumenta cuando el color verde cambia a rojo oscuro, lo que indica que, al combinar las tres harinas

en lugar de usar mezclas puras, la aceptabilidad en adultos mejora. Así también la aceptabilidad de la galleta dulce está relacionada con el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harinas de cushuro y cañihua en la formulación y si estos porcentajes cambian, la aceptabilidad también puede verse afectada debido a la interdependencia de los niveles

Por otra parte, Villarroel *et al.* (2009), mencionan que el tiempo de horneado es un factor crucial y afecta en el color de las galletas las cuales se vuelven más oscuras a medida que se hornean más tiempo, esto es uno de los criterios que influyen en la aceptabilidad general de la galleta.

Leiva (2018), menciona que la aceptabilidad de cushuro en preparaciones saladas fue del 69% mientras que en preparaciones dulces el cushuro es aceptado en un 89%, es el caso de nuestro trabajo de investigación donde se trata de una galleta con una preparación dulce en la cual tienen una buena aceptabilidad según el autor.

Díaz y Flores (2017), mencionan que al evaluar los atributos de olor, sabor, textura y apariencia de las galletas hechas con tarwi, cañihua y hígado de pollo en diferentes proporciones (0%, 35%, 45% y 55%), no se encontraron diferencias significativas desde un punto de vista estadístico en las galletas con 0%, 35% y 55% de sustitución, de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Sin embargo, la valoración nutricional teórica indicó un mejor valor la galleta que contiene una sustitución del 55%, así mismo en la prueba de aceptabilidad se obtuvo el 91.66% de aceptación por parte de los escolares.

Además, Cabos y Paredes (2021). Utilizaron el método Simplex en vértices extremos para el análisis estadístico, considerando un de valor $P < 0.05$ como un margen de error. Además, buscaron ajuste del 100%. Para los atributos de sabor, olor, color y textura, obtuvieron un valor p superior a 0.05, indicando significancia, con un ajuste del 78.28% para el sabor, 78.40% para el aroma, 57.60% para el tonalidad y 63.19% para la consistencia.

4.3. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, OLIGOELEMENTOS Y COMPUESTOS FENÓLICOS DE UNA GALLETA DULCE ELABORADA A PARTIR DE HARINA DE CUSHURO Y CAÑIHUA CON MAYOR ACEPTABILIDAD SENSORIAL

Los resultados presentados en la Tabla 20 son promedios obtenidos de los análisis realizados por triplicado.

Tabla 20: Análisis de las características fisicoquímicas, oligoelementos y compuestos fenólicos de la galleta con mayor aceptabilidad.

Análisis del tratamiento con mayor aceptabilidad				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
Índice de peróxido (meq/kg)	1.47	1.45	1.46	1.46 ± 0.010
Humedad %	3.23	3.28	3.31	3.27 ± 0.040
Cenizas %	2.68	2.7	2.75	2.71 ± 0.36
Proteína %	18.02	18.17	18.09	18.09 ± 0.075
Grasa %	22.25	21.38	22.95	22.19 ± 0.787
Fibra Cruda %	1.65	1.71	1.68	1.68 ± 0.030
Carbohidratos %	52.17	52.76	51.22	52.05 ± 0.777
Energía total Kcal/ 100g	481.01	476.14	483.79	480.31 ± 3.872
pH	7.04	7.01	7.03	7.03 ± 0.015
Acidez % (exp. Ac. Láctico)	0.13	0.13	0.13	0.13 ± 0.000
Calcio mg	212.5	214.3	213.3	213.37 ± 0.902
Hierro mg	23.24	23.3	23.27	23.27 ± 0.030
Compuesto Fenólico mg ácido gálico/100g	80.87	81.73	81.82	81.47 ± 0.524

Nota: R= repeticiones. Los datos se presentan como promedio ± DE: desviación estándar.

En la Tabla 20, se presenta los valores promedios de los análisis fisicoquímicos, oligoelementos y compuestos fenólicos de la galleta con mayor aceptabilidad, donde se observa que el tratamiento con mayor aceptabilidad T7 con sustitución parcial de 10% de harina de trigo, 10% de harina de cushuro y 5% de harina de cañihua presentó índice de peróxido (1.46 meq/kg), humedad (3.27%) ceniza (2.71%), proteína (18.09%), grasa (22.19%), fibra (1.68%), carbohidratos (52.05), pH (7.03), acidez (0.13% ácido láctico).

En cuanto al índice de peróxido el tratamiento con mayor aceptabilidad mostró un valor de 1.46 meq/Kg, siendo un valor menor a lo reportado por Carlos (2023), el cual obtuvo un valor de 9.80 meq/Kg, en galletas con 10% de harina de cushuro, nuestro valor obtenido se encuentra dentro del rango establecido por MINSA (2010), que fija un límite máximo de 5 meq de oxígeno peróxido/Kg, permitiendo que la galleta tenga un buen grado de estabilidad y tiempo de vida útil prolongada. Según lo mencionado por Fennema (1993), al elaborar las

galletas, se exponen a la oxidación de las grasas debido al contacto con el oxígeno en los ácidos grasos. Esta reacción produce peróxidos que pueden perjudicar la calidad de las galletas, cambiando su textura, sabor y aroma.

El valor de la humedad cumplió con el requerimiento establecido por el MINSA (2010) coincidiendo a su vez con la (N.T.P. 206.001), ya que el porcentaje de humedad de la galleta con mayor aceptabilidad fue de 3.27% por cada 100g, no superando el valor máximo establecido por dichas instituciones que es de 12%. Por otro lado, Velasco *et al.* (2013), mostro un valor promedio de humedad del 9.76% en galletas con adición del 20% del alga (*sargassum spp*), siendo nuestro valor obtenido inferior a lo reportado, esto se debió tal vez a la composición y porcentaje de sustitución de la galleta, lo cual podría ser favorable contra el desarrollo de hongos. Según, Pacheco y Testa (2005), mencionan que, un nivel de humedad que se ajusta a la norma es algo favorable, dado que este aspecto es uno de los requisitos más rigurosos en la fabricación industrial de galletas (previo al envasado) y en la vigilancia de su durabilidad en el almacenamiento, por las repercusiones que tiene sobre la vida útil, así como la estabilidad química y microbiológica.

Por su parte, el contenido de cenizas fue de 2.71%, cumpliendo con el requerimiento establecido por la (N.T.P. 206.001) y a su vez por el MINSA (2010), que establecen un máximo del 3 % y siendo un poco superior a lo reportado por Bejarano *et al.* (2002) que fue de 1.1% y menor a lo reportado por Velasco *et al.* (2013) que fue 3.14%.

Así mismo, se observa que los porcentajes de proteína fue de 18.09% este resultado se encuentra dentro del rango establecido por el programa nacional de alimentación escolar Qali Warma, el cual indica 8.5% de proteína como mínimo. En cambio, tanto la Norma (N. T. P. 206. 001) como el MINSA (2008 y 2010) no indican cuál es el porcentaje mínimo de proteínas que una galleta debe contener. Aun así, existe la tabla de composición de alimentos procesados en Perú. Bejarano *et al.* (2002), reporta para galletas dulces, categoría a la que pertenece la galleta de esta investigación, un valor de proteínas del 7.9%, por lo que la galleta con sustitución parcial de harían de trigo por harina de cushuro y cañihua, presentó un 10.19% más de lo reportado. Asimismo, nuestro valor fue mayor a lo reportado por Carlos (2023), el cual obtuvo un valor de 10.82% de proteínas con una sustitución del 10% de cushuro en galletas. Meza (2022), elaboró una galleta con harina de pituca (*Colocasia esculenta*) y cushuro (*Nostoc sphaericum*) con alto contenido nutricional, indicando que en su tratamiento 3, que incluía un 10% de harina de pituca y un 20% de cushuro, se observó

un mayor aporte nutritivo. La valoración de proteínas fue del 10%, un valor inferior al obtenido en el presente proyecto. En este último, con una formulación que contenía un 10% de harina de cushuro, se logró un contenido de proteínas del 18,09%. El contenido de carbohidratos fue de 52.05% estando dentro de lo esperado para una galleta dulce (Zucarelli,1984) y siendo menor a lo reportado por Velasco *et al.* (2013), que fue 72.09% y a lo mencionado por Culqui y Guevara (2022), quienes elaboraron galletas sustituidas parcialmente con harina de algarroba (*Prosopis pallida*), enriquecidas con cushuro (*Nostoc sphaericum*), obteniendo un 57.93% de carbohidratos.

En cuanto al pH se tiene (7.03) lo cual indica que está cercano a la neutralidad y es adecuado para el consumo. Bedolla *et al.* (2016), indican que tanto las galletas finas como las comerciales presentan un rango de pH mínimo y máximo entre 6 y 8. En este caso, podemos afirmar que el tratamiento se encuentra dentro de ese rango. Cabe indicar que INDECOPI (2016), no indica un rango establecido para esta variable. Por otra parte, MINSA (2010), establece una acidez máxima de 0.10% para galletas y el tratamiento con mayor aceptabilidad mostró una acidez titulable de 0.13% (expresado en ácido láctico), se podría mencionar que el tratamiento T7 presentó una pequeña variación, esto se puede asociar a la materia prima y los ingredientes empleados en la elaboración de la galleta.

El contenido de grasa de 22.19% siendo menor a lo mencionado por Rosales (2017), que fue un 22.67%. Por otro lado, Solis (2015), obtuvo un porcentaje de grasa de un 10,23%, lo cual es menor de nuestros resultados. Así mismo, Avila y Vigo (2021), mencionan que, la principal diferencia entre los niveles de grasa en comparación a otros productos es que la grasa de las galletas actúa como aglutinante, lo que hace que sean menos duras alterando así su textura y calidad.

El contenido de fibra mostró un valor del 1.68%, el cual fue menor a lo mencionado por Encomenderos (2019), que reportó un valor de 2.04% y Rosado (2017), con un valor de 4.90%. Por otro lado, Velasco *et al.* (2013), obtuvo un 0.41% de fibra.

Culqui y Guevara (2022). Elaboraron galletas sustituidas parcialmente con harina de algarroba (*Prosopis pallida*), enriquecidas con cushuro (*Nostoc sphaericum*), donde la formulación T3 que contenía 6% de harina de cushuro presentó las siguientes características fisicoquímicas: humedad 6.20 %, cenizas 2.30%, carbohidratos 57.93%, proteínas 14.27%, grasas totales 17.80%, fibra cruda 1.50% y el oligoelemento hierro 14.79mg/100g.

En cuanto a los valores de calcio y hierro mostraron un 213.37mg y 23,27mg respectivamente. Según Neyra (2014), indica que una sustitución del 10 al 15% de Nostoc respecto a la calidad nutricional aportará un promedio de 98.52mg de calcio. Así mismo, Lazaro (2016), elaboró galletas enriquecidas con sangre de pollo, Spirulina (*Arthrospira máxima*) y quinua negra (*Chenopodium petiolare*) obteniendo como resultado que por cada 100 g de muestras se obtenía 10,7 g de proteínas y 13,63 mg de hierro, siendo mayor nuestro valor obtenido en ambos casos. Meza (2022), menciona una galleta con sustitución parcial de 70% de trigo, 20% de pituca y 10% de cushuro se obtiene 24.6 mg de hierro. El calcio presente interactúa con el fósforo para formar y fortalecer el sistema óseo, ayudando a prevenir la osteoporosis (Palomino, 2016).

Con respecto a los compuestos fenólicos el tratamiento con mayor aceptabilidad obtuvo 81.47mg AG/100, teniendo un valor que supera el resultado de Encomenderos (2019), el cual fue (38. 51mg AG/100 g). Demostrando que la adición de cushuro en la elaboración de galletas resulta en un incremento nutricional. Los factores que pueden influir a los resultados fisicoquímicos, oligoelementos y compuestos fenólicos de la galleta con mayor aceptabilidad son diversos, pues el cushuro depende mucho de las características del medio en el que se desarrolla y las galletas dependen de la materia prima con los que son elaboradas. Ragaee *et al.* (2014), mencionan que, los compuestos fenólicos se ven afectados por los tratamientos térmicos, estas pérdidas se pueden dar por efecto combinado de oxidación, isomerización y degradación. Asimismo, la pérdida de fenoles puede ocurrir debido al uso del molino y al proceso de refinado para obtener la harina, ya que estos compuestos se localizan en las capas más externas del grano.

Se han determinado propiedades curativas: el Nostoc tiene algunas cualidades en medicina, por ejemplo, la de inhibir la formación de colesterol Rasmussen *et al.* (2009), respecto a su principio activo, la nostocarbolina Becher *et al.* (2005). También ayudaría en la regeneración ósea, señalando que la osteoporosis no se presenta en las regiones altas de los Andes. Se indica que tiene efectos contra los tumores cancerosos (Hill *et al.*,1994). Así mismo, Benítez *et al.* (2020), indican que la capacidad antioxidante de un alimento depende de su naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales, ya que puede aumentar la vida en útil y da un aporte adicional al alimento.

4.4. EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL DE UNA GALLETA DULCE A BASE DE HARINA DE CUSHURO Y CAÑIHUA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE HARINA DE TRIGO DE LA MUESTRA CON MAYOR ACEPTABILIDAD SENSORIAL

Tabla 21: Variación de los porcentajes de humedad de las galletas a 10°C, 25°C y 40°C.

Temperatura de almacenamiento	10 °C		25°C		40°C	
	Peso de muestra	Promedio del % de humedad	Peso de muestra	Promedio del % de humedad	Peso de muestra	Promedio del % de humedad
DÍAS						
0	5.046	2.19 ± 0.021	5.046	2.19 ± 0.021	5.046	2.19 ± 0.021
3	5.046	2.31 ± 0.029	5.046	2.21 ± 0.015	5.046	2.20 ± 0.012
6	5.046	2.31 ± 0.031	5.046	2.31 ± 0.310	5.046	2.32 ± 0.020
9	5.046	2.70 ± 0.031	5.046	2.45 ± 0.020	5.046	2.42 ± 0.012
12	5.046	2.77 ± 0.015	5.046	2.69 ± 0.015	5.046	2.46 ± 0.012
15	5.046	2.79 ± 0.030	5.046	2.76 ± 0.023	5.046	2.68 ± 0.015
18	5.046	2.81 ± 0.032	5.046	2.79 ± 0.010	5.046	2.77 ± 0.012
21	5.046	2.89 ± 0.015	5.046	2.83 ± 0.012	5.046	2.85 ± 0.012
23	5.046	2.97 ± 0.021	5.046	2.85 ± 0.012	5.046	3.01 ± 0.015
26	5.046	2.98 ± 0.023	5.046	2.97 ± 0.015	5.046	3.07 ± 0.010
29	5.046	3.01 ± 0.021	5.046	2.97 ± 0.012	5.046	3.07 ± 0.010
32	5.046	3.35 ± 0.012	5.046	3.38 ± 0.010	5.046	3.15 ± 0.012

- **Aplicación de la ecuación de Arrhenius**

Con los datos obtenidos de los cambios de peso, se llevaron a cabo cálculos matemáticos utilizando la fórmula de Arrhenius. En primer lugar, se determinó el valor de K para las líneas a 10°C, 25°C y 40°C, después se realizó un gráfico que muestra K frente a las temperaturas de almacenamiento. La información sobre la variación de la humedad en relación con los días a 10°C, 25°C y 40°C se presenta en los gráficos 26, 27 y 28, respectivamente.

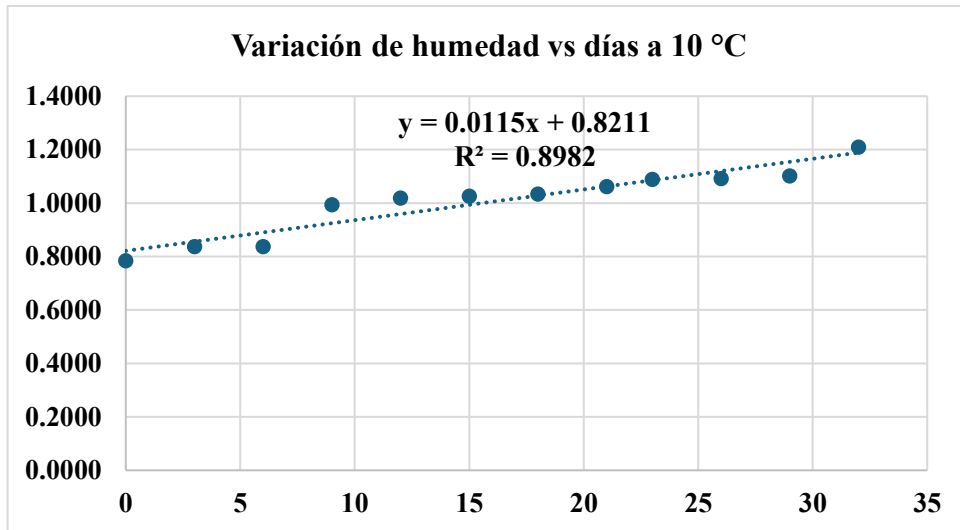


Figura 25: variación de humedad 10°C en función de los días

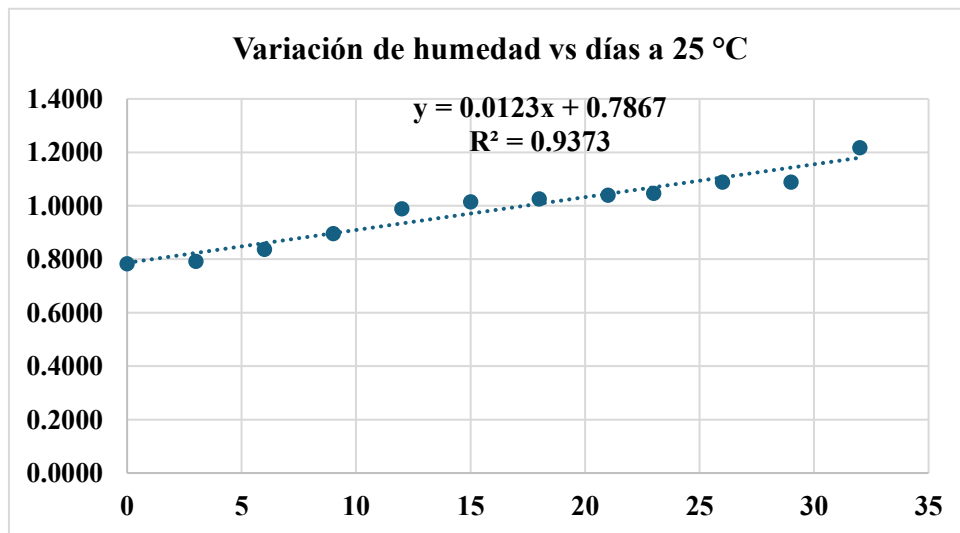


Figura 26: Variación de humedad 25°C en función de los días

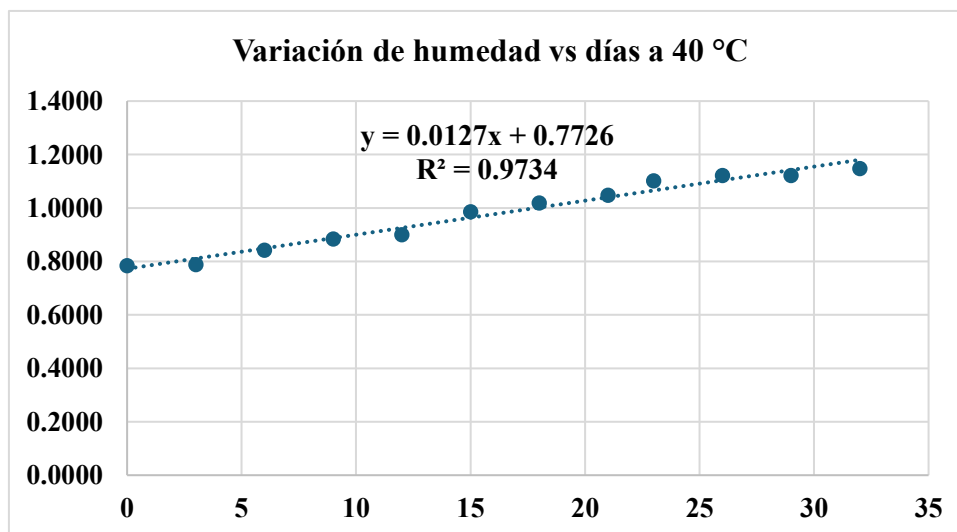


Figura 27: Variación de humedad 40°C en función de los días

Se observa que a medida que sube la temperatura de almacenamiento de las galletas, la inclinación de la línea aumenta. Con estos hallazgos, se continúa con el cálculo de la ecuación de Arrhenius.

Tabla 22: Orden de los datos respecto a la humedad.

Días	10 °C		25 °C		40 °C	
	% de Humedad	LN % HUMEDAD	% de Humedad	LN % HUMEDAD	% de Humedad	LN % HUMEDAD
0	2.19	0.7839	2.19	0.7839	2.19	0.7839
3	2.31	0.8372	2.21	0.7930	2.2	0.7885
6	2.31	0.8372	2.31	0.8372	2.32	0.8416
9	2.7	0.9933	2.45	0.8961	2.42	0.8838
12	2.77	1.0188	2.69	0.9895	2.46	0.9002
15	2.79	1.0260	2.76	1.0152	2.68	0.9858
18	2.81	1.0332	2.79	1.0260	2.77	1.0188
21	2.89	1.0613	2.83	1.0403	2.85	1.0473
23	2.97	1.0886	2.85	1.0473	3.01	1.1019
26	2.98	1.0919	2.97	1.0886	3.07	1.1217
29	3.01	1.1019	2.97	1.0886	3.07	1.1217
32	3.35	1.2090	3.38	1.2179	3.15	1.1474

Nota: LN %: Logaritmo de porcentaje de humedad.

Tabla 23: Valores de K lineales a distintas temperaturas.

1/T	T °C	K	LN (K)
0.0035	10	0.0115	-4.4654
0.0034	25	0.0123	-4.3982
0.0032	40	0.0127	-4.3662

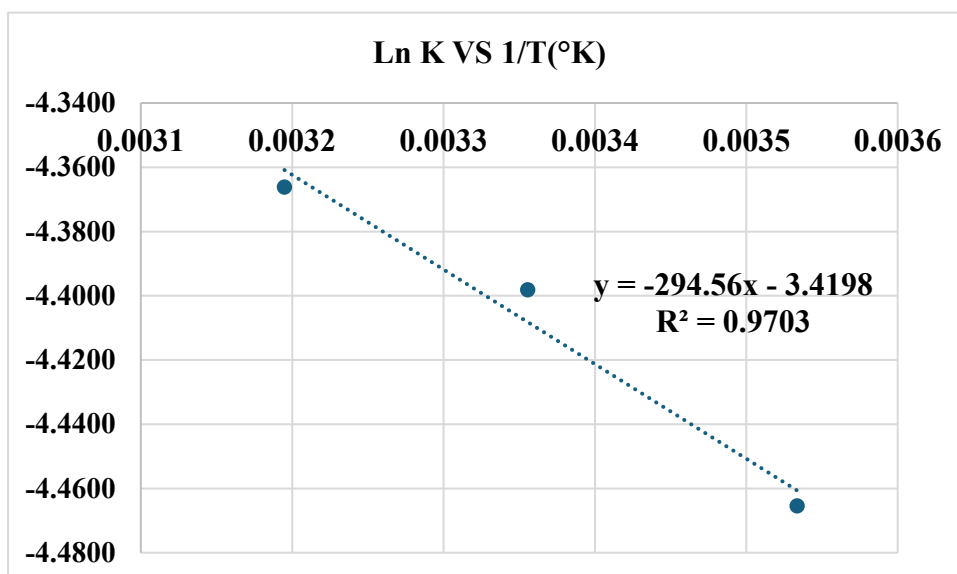


Figura 28: Temperaturas vs constante K

Tabla 24: Resultado de vida útil de la galleta dulce con sustitución parcial.

T° C	HUMEDAD= 12%		HUMEDAD= 6.38%	
	Días	Meses	Días	Meses
10	148	4.9	93	3.1
25	138	4.6	87	2.9
40	134	4.5	84	2.8

En la Tabla 24, se muestra los valores obtenidos a través de la ecuación de Arrhenius donde el tiempo de vida útil de las galletas con la humedad crítica (12%) para galletas en el Perú según la N.T.P. 206.001, sería de (148 días a 10°C), (138 días a 25°C), (134 días a 40°C) y considerando una humedad crítica establecida por los consumidores de 6.38% recomendado por Puma *et al.*, (2018), el tiempo de vida útil de la galleta dulce sería de (93 días a 10°C), (87 días a 25°C) y (84 días a 40°), teniendo como resultado que a menor temperatura la vida útil de la galleta aumenta.

Bustamante (2015), determinó la vida útil de una galleta a 20°C, considerando una humedad máxima del 8% como indicador de calidad. Esta humedad máxima se correlacionó con una evaluación sensorial realizada por panelistas entrenados. Dado que la humedad inicial del producto es del 2.88%, aplicó la ecuación de orden cero para obtener un valor de $t_s = 8.1$

meses. Sin embargo, el valor aceptado para la fecha de vencimiento en el empaque sería de 8 meses, mientras que el valor recomendado sería de 7 meses.

Por otro lado, Caiza (2015), elaboró una galleta con alto contenido de fibra dietética utilizando 5g/100g de salvado de trigo, 2.2 g de oligofructosa y 15 g/100g de arándano deshidratado. Esta galleta tiene una vida útil de aproximadamente 3 meses bajo condiciones normales de almacenamiento.

Aguiar (2019), indica que existe una relación inversa entre la vida útil de un producto y la temperatura de almacenamiento. En otras palabras, si el producto se almacena a una temperatura baja, su duración aumenta. Esto es lógico, siempre y cuando la galleta esté protegida por un empaque hermético que evite la humedad relativa, la cual tiende a aumentar a medida que la temperatura desciende.

Salas (2009), menciona que el cálculo de la vida útil de la galleta a 20°C lo tomó como un indicador de calidad con una humedad máxima de 8%, el cual ha sido correlacionado con una evaluación sensorial elaborada por panelista entrenados.

Por otro lado, Puma *et al.* (2018), mencionan que el tiempo de vida útil de las galletas de soda almacenadas a 45°C y 55°C fue de 179 y 271 días, respectivamente. Así mismo, utilizó el método de pruebas aceleradas y la ecuación de Arrhenius para predecir la vida útil de una galleta almacenada a 20°C el cual fue de 123 días equivalentes a 4 meses.

Según Basilio *et al.* (2015), consideran que la determinación de la vida útil de un producto puede llevarse a cabo mediante la evaluación física, siendo el cambio de textura uno de los indicadores más comunes. Estos cambios pueden deberse a reacciones químicas internas o a factores ambientales, como la migración de humedad en el empaque.

Según (Cantu, 2018), los cambios en el peso de los productos de panificación y galletería durante el almacenamiento son consecuencia de la redistribución del agua dentro del producto, así como el aumento de peso debido a la humedad del ambiente, esto ocurre a diferentes velocidades dependiendo de las condiciones de almacenamiento del producto.

La duración de un alimento se define como el periodo que pasa desde que se produce o se envasado hasta que se considera inestable en ciertas condiciones ambientales. La percepción que tiene el hombre o sensación que experimenta el hombre es la respuesta a los estímulos procedentes de los alimentos y el proceso de interpretación incluye referencias a

informaciones o situaciones previas almacenadas en la memoria, que modulan la sensación percibida antes de decidir la aceptación o rechazo del alimento (Coster, 2011).

Tabla 25: Porcentaje de humedad de las galletas en las diferentes temperaturas de almacenamiento.

Temperatura	Promedio
10°C	2.7567 ± 0.34 ^a
25°C	2.7000 ± 0.28 ^{ab}
40°C	2.6825 ± 0.36 ^c

Nota: Los datos se presentan como promedio ± DE: desviación estándar. Los valores que tienen letras distintas en la misma columna muestran que hay una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$).

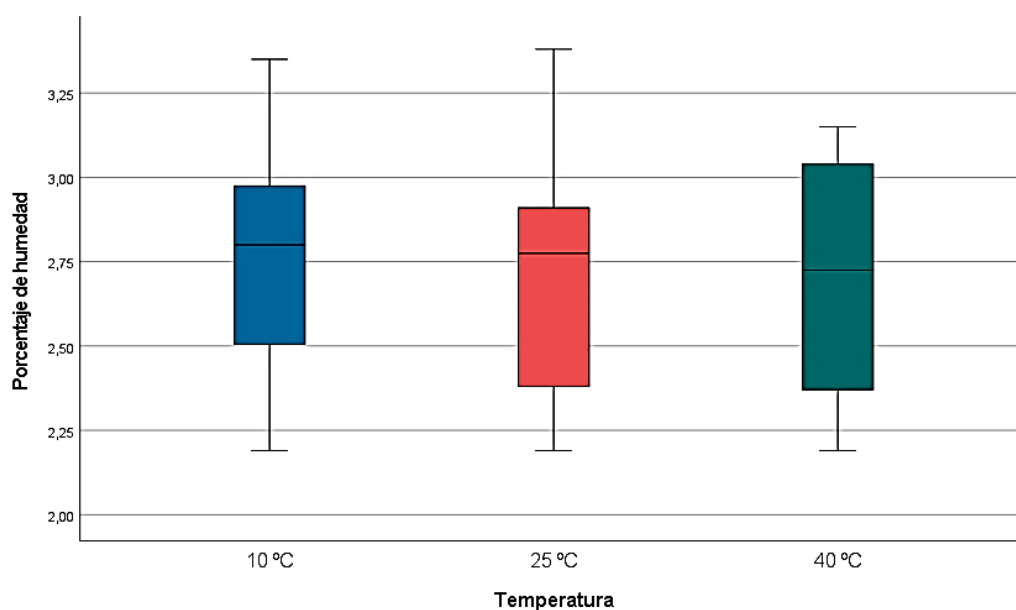


Figura 29: Diagrama de caja de la diferencia de medias para el porcentaje de la humedad durante el proceso de experimentación

En la Tabla 26 y figura 29 se muestra la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para los diferentes niveles de temperatura, donde se observa la temperatura de 10°C (2.7567) con porcentaje promedio mayor se diferencian estadísticamente de los otros niveles de temperatura durante el proceso de experimentación. Así mismo, se observa que el grupo “A” está representado por la temperatura de 10°C y 25°C, el grupo “B” representado por la temperatura de 25°C, el grupo “C” representado por la temperatura de 40°C.

Tabla 26: Análisis Microbiológico de las galletas con mayor aceptabilidad almacenadas a 10°C, 25°C y 40°C.

Agente Microbiano	RESULTADOS				
	M - 1	M - 2	M - 3	Limite por g	
Mohos (UFC/g)	<5	<3	<5	10 ²	10 ³
Bacillus Cereus (UFC/g)	<3	<3	<3	10 ²	10 ⁴

UFC/g: Expresado en Unidades Formadoras de colonias por gramo.

- M - 1: 10 °C
- M - 2: 25 °C
- M - 3: 40 °C

En la Tabla 26, se muestra los resultados de análisis microbiológicos de la galleta con mayor aceptabilidad almacenadas a 10°C, 25°C y 40°C. Se observa que el recuento de mohos y bacillus cereus no superan los parámetros establecidos por la RM N° 1020 – 2010/MINSA, “Norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería”. Además, por lo que se observa se puede asegurar que se trata de un alimento inocuo durante su período de vida útil y cabe resaltar que su consumo no generará problemas a los consumidores, esto puede deberse a las condiciones y temperaturas empleadas puesto que causaría una inhibición en el crecimiento microbiano. Por otro lado, para las temperaturas de 45 y 55 °C se puede observar que se reduce el recuento de UFC de mohos.

Massoud *et al.*, (2016), mencionaron que el alga espirulina inhibe el crecimiento de levaduras y mohos durante todo el período de almacenamiento; por lo tanto, podemos asumir que el cushuro (*Nostoc sphaericum*) actúa como inhibidor microbiológico por su contenido de fitoquímicos con propiedades antioxidantes. Este argumento explica por qué no se observan mohos en las galletas, aun cuando hay un alto nivel de humedad presente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La formulación adecuada de harina de cushuro y cañihua como sustituto parcial de harina de trigo en la elaboración de galletas fue el tratamiento T7 el cual contiene (HT 10%, HC 10%, HCÑ 5%) por presentar mayor aceptabilidad por niños y adultos (jueces de tipo consumidor) mediante los siguientes indicadores organolépticos; color (4.97), olor (4.93), sabor (4.67) y textura (4.65) para una escala hedónica de 5 puntos en jueces niños. Así mismo, en jueces adultos se apreció la aceptabilidad general (4.96). Teniendo como resultado que la sustitución parcial de estos tres componentes influye significativamente en la aceptabilidad sensorial. Por lo que esta adición porcentual sería la más aceptada para el consumidor.
- El tratamiento con mayor aceptabilidad sensorial obtuvo proteína (18.09%), humedad (3.27%), carbohidrato (52.05), energía total (480.31), acidez (0.13%), hierro (23.27%), calcio (213.3) y ácido gálico (81.47). Estos resultados cumplen con los criterios indicados en la Resolución Ministerial N° 1020 – 2010/ MINSa). Por lo que se concluye que a mayor adición de harina de cushuro y cañihua en galletas dulces se tiene mejores resultados con respecto a las características fisicoquímicas, los oligoelementos y los compuestos fenólicos
- Se logro determinar la vida útil de la galleta con sustitución parcial con harina de cushuro y cañihua mediante pruebas aceleradas, considerando como parámetro crítico la humedad y temperatura. Donde se concluye que, a 10°C, la vida útil de la galleta es de 148 días, mientras que a 25°C es de 138 días, y a 40°C es de 134 días, con una humedad máxima de 12%. Es importante considerar que, a temperaturas más altas, la humedad también afecta significativamente a la vida útil de la galleta. De acuerdo con el análisis microbiológico, El número de mohos en las muestras de galletas que se guardaron a varias temperaturas se ajusta a los estándares definidos

en la Resolución Ministerial N° 1020 – 2010/ MINSa, que establece la Normativa Sanitaria para la Producción y Venta de Productos de Panadería, Galletería y Pastelería (MINSa, 2010).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda promover el uso de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) como una opción al reemplazar la harina de trigo, ya que son muy nutritivos.
- Realizar campañas y ferias para los gobiernos locales y regionales donde se den a conocer el valor nutricional del cushuro y cañihua, tomando en cuenta el uso de estos para la producción y distribución en los programas sociales.
- Realizar nuevas investigaciones, empleando el cushuro y granos andinos en la industria galletera.
- Explorar el uso de harina de cushuro y cañihua en diversos productos alimenticios como barra energética, bebidas enriquecidas y muffins, aprovechando sus beneficios nutricionales y funcionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, Y. (2022). Optimización del tiempo de horneado y de la formulación utilizando Cushuro (*Nostoc sphaericum*) Y Harina De Coronta De Maíz Morado (*Zea Maysl*) en galletas. Universidad Nacional de Trujillo.
- Aguiar, P. (2019). Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de galletas con sustitución parcial de moringa oleífera (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Aldave, P. (2015). Algas. Trujillo-Perú.: Libertad.
- Alegre, R. (2019). Contenido de Proteínas, Hierro y Calcio de *Nostoc sphaericum* "Cushuro" Procedente de la Laguna de Conococha, Catac- Huaraz. Tesis, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo. Recuperado el 10 de Junio de 2021.
- Álvarez, H., & Salamanca, G. (2007). Valoración metodológica para el estudio de mezclas ternarias en sistemas alimentarios. Alimentos Ciencia e Ingeniería 3 (Marzo): 92-96. file:///C:/user/Windows/desktop/salamancaP1Colombia – España – a%20(1).pdf.
- Andina: Agencia peruana de noticias (2020). Coronavirus: conoce los beneficios nutritivos del cushuro, el súper alimento andino.
- Andina: Agencia peruana de noticias (2012). El 80% del consumo de galletas se realiza fuera del hogar. Andina, Agencia Peruana de Noticias. Publicado el 15 de mayo, 2012. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-el-80-del-consumo-galletasperu-se-realiza-fuera-del-hogar-412310.aspx>.
- Anzaldúa, A. (1994). La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- AOAC. (1990). AOAC: Official Methods of Analysis (Volume 2) (K. Helrich (ed.); 15 ed).
- Arroyo, J. (2017). Hacia un Perú sin anemia. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 34(4), 586. Recuperado el 5 de Junio de 2021, <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2017.344.3279>.
- Avila, P., & Vigo, W. (2021). Elaboración, aceptabilidad y efecto de las galletas enriquecidas con sangre de pollo, spirulina (*Arthrospira máxima*) y quinua negra

- (*Chenopodium petiolare*) sobre los niveles de hemoglobina de los escolares del colegio n° 20857 – vegeta. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.
- Basilio, J. (2015). Predicción de la vida útil de chifles de plátanos (*Musa paradisiaca*) mediante modelos matemáticos (Tesis Magister Scientiae). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Peru.
- Becher, P.; Beuchat, J.; Gademann, K.; Jüttner, F. (2005). Nostocarboline: Isolation and Synthesis of a New Cholinesterase Inhibitor from Nostoc 78-12A. *J. Nat. Prod.*, 68 (12): 1793-1795.
- Bedolla, B., Dueñas, C., Esquivel, I., Favela, T., Guerrero, R., Mendoza, E. M., Navarrete, A., Olguín, L. E., Ortiz, J., Pacheco, O., Quiroz, M., Ramírez, A., & Trujillo, M. (2016). Introducción a la tecnología de alimentos (2.a ed.). LIMUSA.
- Bejarano, E.; Bravo, M.; Huamán M. 2002. Tabla de Composición de alimentos industrializados. MINSAL. Ed. INS. Lima. Perú.
- Benítez, A., Villanueva, J., González, G., Alcántar, V., Puga, R., & Quintero, A. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 23. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>.
- Bustamante, B. (2015). Estudio de la vida útil de galleta salada mediante la ecuación de arrhenius. Instituto de investigación de la facultad de ingeniería pesquera y de alimentos. Universidad Nacional Del Callao.
- Caiza, N. (2015). Efecto de la incorporación de oligofructosa, arándano deshidratado (*Vaccinium myrtillus L.*) y salvado de trigo en la aceptabilidad de galletas dulces (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Camones, I., Jurado, B., Ramos, L., Alvarado. B., Fuertes. C., Cárdenas. L., & Rivera, B. (2019). ARTÍCULO ORIGINAL Actividad hipoglucemiante in vitro de los polisacáridos digeridos de *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault (cushuro) Vaucher ex Bornet & Flahault (cushuro). 19(1).

- Cantillo, J., & Fernández, C. (1994). Durabilidad de los alimentos. Métodos de estimación. Instituto de investigaciones para la industria alimentaria. La Habana, Cuba.
- Capurro, L., & Huerta, L. (2016). Elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y maíz (*Zea mays*). In Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Santa. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.
- Castellanos, C. (2006). Los ecosistemas humedales de Colombia. Obtenido de Corporación de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente de Santander BIOMAS-Bucaramanga (Santander). Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN). (2017). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (Tabla de alimentos peruanos).
- Cabos Atencio, W. A., & Paredes Guzmán, J. G. (2021). Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad Cesar Vallejo.
- Cayot, N. (2007). Sensory quality of traditional foods. *Food Chem*; 102(2): 445-453.
- Chuquilín, R. (2015). Estudio de la bioadsorción de Cd (ii) y Pb (ii), usando como adsorbente el Nostoc. Universidad Nacional del Centro del Perú: <https://repositorio.uncp.edu.pe/>.
- Collazos, C. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6° edición. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición. Banco Central de Reserva. Lima – Perú.
- Contreras, L. (2015). Desarrollo de Una Galleta Dulce Enriquecida con Harina de Quinua Blanca Utilizando Diseño De Mezclas. Facultad de Industrias Alimentarias: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Cornell, J. (2011). Introducción a los experimentos con mezclas, WILEY.
- Cornell, J. 2002. Experiments with Mixtures: Design, Models and the Analysis of Mixtures 3rd Ed. New York&Sons.
- Coster, E. (2011). Aceptabilidad en los alimentos. España.

- Culqui, Y., & Guevara, K. (2022). Formulación de galletas sustituidas parcialmente con harina de algarroba (*Prosopis pallida*) y enriquecidas con algas cushuro (*Nostoc sphaericum*) [universidad nacional pedro ruiz gallo]. In Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Cutipa, T. (2022). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo *Triticum aestivum* L.) por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) en el volumen y características organolépticas del pan francés. Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia. Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- Díaz, J., & Flores, N. (2017). Evaluación Sensorial y Calidad Nutricional de una Galleta a Base de Tarwi, Cañihua e Hígado de Pollo en Escolares de una Institución Educativa de Cerro Colorado en el Año 2017. Facultad de Ciencias Biológicas Escuela Profesional de Ciencias de la Nutrición [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Encomenderos, A. (2019). Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces. Universidad privada Antenor Orrego.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1992. Cultivos Marginados: otra perspectiva de 1492. Roma, Italia.
- 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.
- Gantar, M. (2008). Microalgae and Cyanobacteria: Food for Thought. *Phycol.*,44,260-268 Phycological Society of America.
- Garófalo, H., & Lovato, K. (2020). Desarrollo de un Producto Alimenticio a base de Cushuro (*Nostoc commune*). Tesis, Guayaquil. Recuperado el 5 de junio de 2021.
- Gómez, A., Callata, M., Teodoro, H., Alarcón, B., Julca, J., & Menacho, L. (2021). Cushuro (*Nostoc sphaericum*) hábitat, características fisicoquímicas composición, formas de consumo y propiedades medicinales.

- Gonzales, M. (2006). Cushuro Alga–Alto andino peruano. Artículo Científico. Lima, Perú.
- Gustavo, J., & Gonzales, V. (1999). Influencia de la temperatura sobre, el crecimiento de hongos termófilos y termotolerantes. VIII Congreso Nacional de Bioecnología y Bioingeniería.
- Gupta, S., & Meena, S. (2022). A credible role of cyanobacteria (blue green algae) in agriculture. 02.
- Hill, D.; Hladun, S.; Scherer, S.; Potts, M. 1994. Water stress proteins of *Nostoc commune* (Cyanobacteria) are secreted with UV-AB-absorbing pigments and associate with 1,4-b-dxylanxylanohydrolase activity. *J Biol. Chem.*, 269 (10): 7726-7734.
- Hough, G. (2000). Textura sensorial de galletitas crocantes en función de su composición, humedad y temperatura de transición vítrea. [Tesis universitaria]. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Huor, S., Ahmed, E., Rao, P., & Cornell, J. (1981). Formulation and Sensory Evaluation of a Fruit Punch Containing Watermelon Citrullus Lanatus Juice. *Journal of Food Science*45(Noviembre):809-813.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1980.tb07455.x/abstract>. (accesado el 15 de octubre, 2016).
- Ibarra, K. (2017). Galletas con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum astivum*) por harinas de chía (*salvia hispánica l.*) Y haba (*vicia faba*) mediante optimización por diseño de mezclas [universidad nacional "Santiago Antúnez de Mayolo.
- INACAL. (2016). Norma Técnica Peruana NTP 206.016 Determinación de peróxidos en galletas.
- INDECOPI. (1981). Norma Técnica Nacional NTN 206.001- 03. Lima - Perú.
- INDECOPI. (2016). Galletas. Requisitos. NTP 2016.001:2016 Primera Edición. Lima-Perú.
- INEN. (2005). Instituto Ecuatoriano De Normalización. 3-4-5.
- INEI. (2022). Indicadores de los Resultados de Programas Presupuestales. Perú.

- Juárez, S., & Quispe, M. (2016). Aceptabilidad y evaluación proteica de galletas integrales elaboradas con harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), lactosuero y salvado de trigo. Universidad Nacional de San Agustín.
- Jurado, B., Fuertes, M., Tomas, E., Ramos, E., Arroyo, L., Careces, R., Inocente, A., Alvarado, B., Rivera, M., Ramírez, A., Ostos, H., & Cárdenas, L. (2014). Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico de los polisacáridos del nostoc.
- Lara, N., & Lescano, G. (2004). Textura de los alimentos Proyecto: "Investigación y desarrollo de nuevas alternativas alimenticias para consumo humano, basadas en maíz, banano, plátano y quinua INIAP. Quito – Ecuador.
- Leiva, C. (2018). Evaluación de la aceptabilidad del cushuro (*Nostoc sphaericum*) en preparaciones culinarias saladas y dulces, por estudiantes universitarios, Lima.
- López, H. (2015). Estudio de las características reológicas de la mezcla de harina de trigo, con harina de cebada y arveja para la elaboración de pan de molde integral. Facultad de Industrias Agroindustrial: Universidad Nacional del Santa.
- Medina, S. (2014). Comparación de modelos predictivos en la evaluación del efecto de la proporción de maracuyá, piña y naranjilla en la aceptabilidad sensorial de un néctar. Facultad de Ciencia Agropecuarias: Universidad Nacional de Trujillo.
- Méndez, S., Castro, D., Castro, D., Llamoca, E., Condori, R., & Maron, H. (2020). Aceptabilidad de galletas enriquecidas con hierro en diferentes concentraciones de harina de macroalga (*Chondracanthus chamissoi* - Yuyo), Revista de innovación y transferencia productiva, vol. 1, n° 2, pp. 1-13.
- Meza, S. (2022). Proceso de elaboración de una galleta con harina de pituca (*Colocasia esculenta*) y cushuro (*Nostoc sphaericum*) con alto contenido nutricional. Facultad de Ingeniería Química: Universidad Nacional del Callao.
- MINSA. (2010). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N ° 1020-2010 / MINSA. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú.
- Montgomery, D. (2000). Design and Analysis of Experiments. New York: John Wiley & sons. <https://www.sas.com/storefront/aux/en/spdesignanlysisjmp/66584excerpt.pdf> (accesado el 20 de marzo, 2016).

- Murillo, A., & Rodriguez, D. (2018). Alimentación saludable, la gran tendencia del consumo actual. Cali.
- Neyra, A. (2014). “calidad nutricional y aceptabilidad de un producto extruido a base de nostoc (*Nostoc commune*). Universidad nacional del altiplano.
- Pacheco, E., & Testa, G. (2005). Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Intercien*. 30(5): 300-304.
- Palomino, D. (2016). El Llullucha: un poderoso alimento apurimeño echado al olvido. Obtenido de *Cultura Gastronómica de América*.
- Paucar, H. (2014). Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y harina de bagazo de naranja valencia (*Citrus sinensis* L.). Tesis. Obtenido de [http://repositorio.uncp.edu.pe/bistream/handle/UNCP/1887/Paucar%20Hinoztroz a.p dfsequence=1&isAllowed](http://repositorio.uncp.edu.pe/bistream/handle/UNCP/1887/Paucar%20Hinoztroz%20a.p%20dfsequence=1&isAllowed).
- Ponce, E. (2014). Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. Obtenido de *Nota Científica, Universidad de Tarapacá -Arica, Chile*.
- Prado, A., Serrano, R., Figueroa, G., y Shirai, K. (2013). Determinación de mohos. In *Manual de prácticas de laboratorio Microbiología de los Alimentos* (2 ed, pp. 73–79). CBS.
- Puma, G., Liñan, J., Coavoy, I., Coronado, J., Salas, W., & Vargas, L. (2018). Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas. *Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú*.
- Qali, W. programa nacional. (2022). especificaciones técnicas de alimentos que forman parte de la prestación del servicio alimentario 2022 del programa nacional de alimentación escolar.
- Ragae S, Seetharaman K, Abdel-Aal M. (2014). The Impact of Milling and Thermal Processing on Phenolic Compounds in Cereal Grains. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*; 54(7): 837-849.
- Ramos, A., Volke, T., Prado, L., Shirai, K., Ramirez, F., y Sañazar, M. (2012). *Técnicas de tinción simple, diferencial y selectiva* (2 ed). CBS.
- Rasmussen, E., Blobaum, K., Jesh, E., Park, Y., Lu, F., Carr, T., & Lee, J. (2009). Hypocholesterolemic effect of *Nostoc commune* var. *sphaeroides* Kützinger, an edible blue-green alga. *Eur J Nutr* 48: 387-394.

- Reyes, M., Gómez, I., & Espinoza, C. (2017). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Nacional de la Salud, Lima. Recuperado el 25 de Julio de 2021.
- Richard, D. (1994). Le goût du pain. In R. Guinet (Ed.), *La panification Francaise* (pp. 454–476). Paris: Tec Collection Sciences et techniques agro-alimentaires.
- Rodríguez, A. (2016). Potencialidades del cushuro o caviar andino. Obtenido de Conferencia Casa América Catalunya, España.
- Rosado, M. (2017). Elaboración de galletas proteinizadas a base de harina de alga cochayuyo (*Porphyra columbia*). Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna.
- Rubio, R. (2018). Evaluación de la producción de *Nostoc* sp (cushuro) en cochas construidas a diferentes profundidades dentro de un ecosistema de humedal, en el sector carpa, distrito de Cátac – Ancash.
- Sayra, E. (2021). Evaluación de las propiedades reológicas, fisicoquímicas y funcionales del almidón de tres variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la region Puno. [s.l.] Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Salas, W. (2009). Valor crítico de humedad de la galleta. Oyague, Entrevistador.
- Severiano, P. (2019). ¿Qué es y como se utiliza la evaluación sensorial? What is and how is the sensory evaluation used? 19, 47–68.
- Shahbazizadeh, S., Khosravi, K., & Sohrabvandi, S. (2015). Fortification of Iranian Traditional Cookies with *Spirulina platensis*. *Annual Research & Review in Biology*; 7 (3): 144-154.
- Slattery, C., Kavakli, I., Okita, T. (2000). Engineering starch for increased quantity and quality. *Trends in plant science*, v. 5, n. 7, p. 291–298.
- Solís F. (2015) . En la tesis titulada “Elaboración y evaluación de un producto alimenticio fortificado con hierro a base de sangre de origen bovino deshidratada por el método de liofilización y secador de bandejas”. Tesis. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.

- Steffolani, M., León, A., Pérez, G. (2013). Study of the physicochemical and functional characterization of quinoa and kañiwa starches. *Starch - Stärke*, v. 65, n. 11–12, p. 976–983, 1 nov.
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., MilojkovicOpsenica, D., Jacobsen, S. E., & Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010>.
- Supo, L. (2020). “caracterización mediante un perfil sensorial de salchichas de jurel (*Trachurus murphyi*) y determinación de su vida útil sensorial mediante el método weibull” requisito. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa facultad.
- Tirado, D., Montero, P., & Acevedo, D. (2015). Estudio comparativo de métodos empleados para la determinación de humedad de varias matrices alimentarias. *Informacion Tecnologica*, 26(2), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200002>.
- Toaquiza, N. (2012). Elaboración de galletas con sustitución parcial de Harina de Amaranto INIAP-Alegría (*Amaranthus caudatus*) y Panela. Tesis de pregrado. Universidad Tecnica de Ambato.
- Torres, A. (2017). Elaboración y Caracterización de un Alimento a Base de Harina de Arroz, frijol Caupí, Maiz, Cushuro y Cacao Según Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a base de Granos y otros Destinados a Programas Sociales de Alimentación RM N°451-2006. Universidad Cesar Vallejo, Piura. Recuperado el 3 de diciembre de 2021.
- Torres, J., Torres, R., Acevedo, D., & Gallo, L. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Revista Vector*. 10: 14-25.
- Urizar, A. (1995). Efecto de la nixtamalización del maíz sobre el contenido de ácido fítico, calcio y hierro. Tesis de Licenciatura de Ingeniería en Ciencias de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.

- Valencia, R., Asalde, N., & Ipaguirre, N. (2024). Nutritional and sensory characteristics determination of fortified cookies with cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher) and tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Universidad Le Cordon Bleu. Lima, Perú.
- Vargas, Y., & Pisfil, E. (2008). Estudio químico bromatológico y elaboración de néctar de *Mespilus germánica* L. (níspero de palo) procedente de la provincia de Vilca Huamán, departamento de Ayacucho (Tesis de pregrado). Universidad Nacional mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Vasantha, H., Wang, L., Huber, G., & Pitts, N. (2008). Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*.107:1217–1224.
- Velasco, O., Echavarría, S., Sifuentes, A., & Casas, M. (2013) Uso del alga marina *Sargassum spp.* adicionada a la harina de trigo para preparar galletas alimenticias para consumo humano. *Bioagro*, vol. 3, n° 25, pp. 189-194.
- Villarroel, M., Huiriqueo, C., Hazbun, J., y Carrillo, D. (2009). Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harina desgrasada de avellana chilena (*Gevuina avellana*, Mol) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd).
- Yupanqui, C., & Torres, A. (2018). Comportamiento reológico del hidrocólide proveniente del cushuro (*N. commune* y *iv. sphaerieum*) obtenido por liofilización y aire caliente (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Santa. Ancash, Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de aceptación sensorial (niños)

Nombres y apellidos:

Fecha:

Indicaciones: Pruebe los productos que se presenta y coloca el número en los recuadros según la carita que más te representa de cada muestra.



Odié

1



No me gustó

2



Indiferente

3



Me gustó

4



Me encantó

5

N° DE MUESTRA	CRITERIOS PARA CALIFICAR			
	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				
T6				
T7				
T8				
T9				
T10				

Comentarios:

Anexo 2: Ficha de aceptación sensorial (adultos)

Nombre y apellidos:

Fecha:

Usted recibirá varias muestras de galleta debidamente codificadas, marque con una “X” en el lugar que indique su opinión acerca de cada muestra.

COD. GALLETA DE	6934	3662	9914	6455	5770	8754	9845	2356	3241	4317
ESCALA										
Me gusta mucho (5)										
Me gusta ligeramente (4)										
Ni me gusta ni me disgusta (3)										
Me disgusta ligeramente (2)										
Me disgusta mucho (1)										

Comentarios:.....

Anexo 3: Certificados de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro

Nº 002417

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Microbiológico de GALLETAS

PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

INTERESADO : -BACH. SURCO MAMANI GLORIA MABEL
-BACH. BENAVENTE QUILLA ANA MARIA

Proyecto : EVALUACION DE LA SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) Y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*) EN GALLETAS DULCES

MOTIVO : CONTROL DE CALIDAD

MUESTREO : 21/08/2023, por el interesado

ANÁLISIS : 28/08/2023

COD. MUESTRA : B009 - 000525

RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Agente Microbiano	Resultados			Limite por g	
	R-1	R-2	R.3	m	M
Mohos (UFC/g)	< 5	< 3	< 5	10 ²	10 ³
Bacillus cereus (UFC/g)	< 3	< 3	< 3	10 ²	10 ⁴

Ufc/g. = expresado en Unidades Formadoras de Colonia por gramo.

CONCLUSIÓN

La muestra analizada se encuentra dentro de los límites establecidos según, (*) R.MN° 1020-2010-MINSA "Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y expendio de Productos de Panificación, Galletas y Pastelería" y su modificatoria R.M. N° 225-2026/MINSA.

Puno, C.U. 23 de octubre del 2023.

Luz Marina Teves Ponce
LISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 182393

Osvaldo Araya Atca
INGENIERO AGRÍCOLA INDUSTRIAL
C.I.P. 180025
Laboratorio de Control de Calidad
Facultad de Ingeniería Química



Waiter B. Aparicio Aragón, Ph.D.
DECANO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro

Nº 002409

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico y Fenólico de GALLETAS

PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

INTERESADO : -BACH. SURCO MAMANI GLORIA MABEL
 -BACH. BENAVENTE QUILLA ANA MARIA

Proyecto : EVALUACION DE LA SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) Y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*) EN GALLETAS DULCES

MOTIVO : CONTROL DE CALIDAD

MUESTREO : 21/08/2023, por el interesado

ANÁLISIS : 28/08/2023

COD. MUESTRA : B009 - 000515

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

ENSAYOS	RESULTSDOS			REFERENCIA
	R 1	R 2	R 3	
Humedad %	3.23	3.28	3.31	R.MN° 1020-2010-MINSA "Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y expendio de Productos de Panificación, Galletas y Pastelería" y su modificatoria R.M. N° 225-2026/MINSA.
Cenizas %	2.68	2.70	2.75	
Proteína %	18.02	18.17	18.09	
Grasa %	22.25	21.38	22.95	
Fibra Cruda %	1.65	1.71	1.68	
Carbohidratos %	52.17	52.76	51.22	
Energía total Kcal / 100 g	481.01	476.14	483.79	
Calcio mg	212.5	214.3	213.3	
Hierro mg	23.24	23.30	23.27	
COMPUESTO FENOLICO mg ácido gálico/100g	80.87	81.73	81.82	
pH	7.04	7.01	7.03	
Acidez % (Exp. Ac. Láctico)	0.13	0.13	0.13	

CONCLUSIÓN: Los resultados de los análisis están conformes.

FECHA DE EMISION: Puno, C. U. 23 de octubre del 2023

LSP

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 FIQ - UNA - CIP - 102390

Oswaldo Arpa...

Oswaldo Arpa...
 INGENIERO LABORATORIAL
 CIP - 100075
 Laboratorio de Control de Calidad
 Facultad de Ingeniería Química



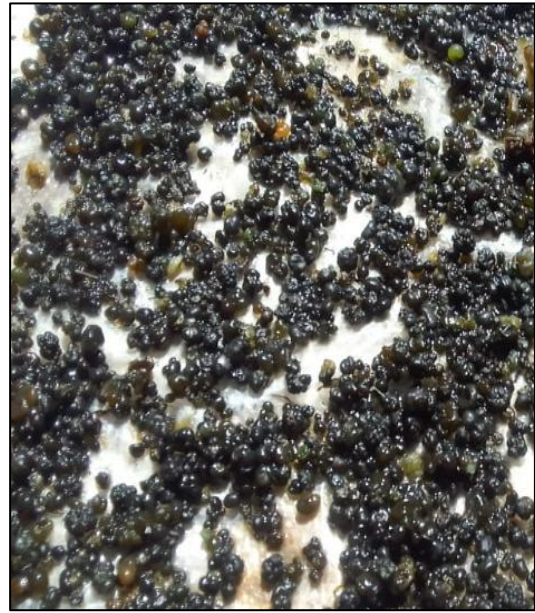
Walter B. Aponte...

Walter B. Aponte... Ph.D.
 DECANO - FIQ - UNA

Anexo 4: Panel fotográfico



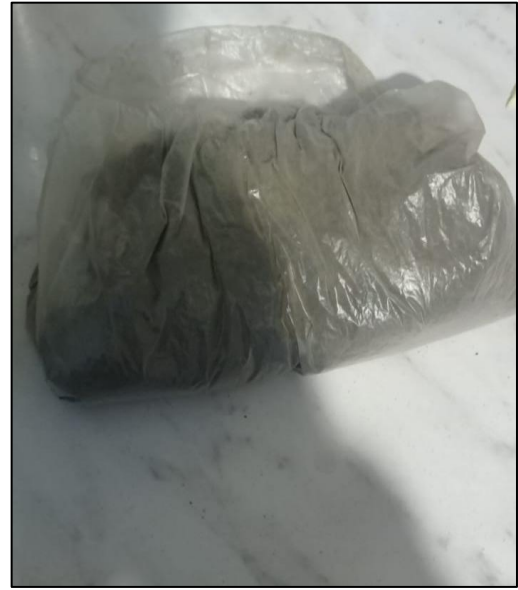
Recolección de cushuro



Secado de cushuro



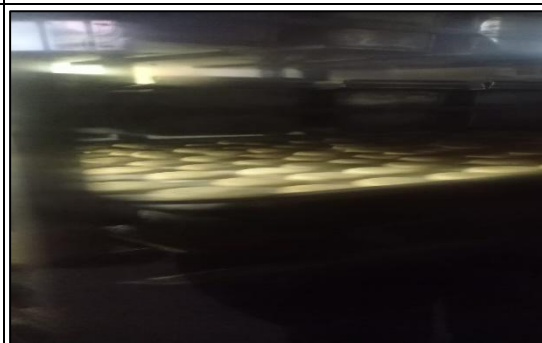
Cushuro deshidratado



Harina de cushuro



Galletas antes del horneado



Horneado de galletas



Análisis sensorial en adultos



Análisis sensorial en adultos



Triturado de muestra



Toma de muestras para determinación de humedad



Medición de humedad de las muestras



Muestras de la humedad analizada



Embolsado de galletas

Anexo 5: Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en el atributo color

COLOR										
Jueces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
J1	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J2	5	4	5	3	4	4	5	5	4	5
J3	5	4	5	3	4	4	5	5	4	5
J4	4	4	5	3	4	4	5	5	4	5
J5	5	4	5	3	4	4	5	5	4	5
J6	5	4	5	5	4	4	5	5	4	5
J7	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5
J8	3	4	5	4	4	4	5	5	4	5
J9	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5
J10	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5
J11	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5
J12	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5
J13	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5
J14	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5
J15	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5
J16	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5
J17	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J18	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J19	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J20	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5

<<Continuación>>

J21	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J22	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J23	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J24	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J25	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J26	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J27	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J28	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J29	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J30	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J31	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J32	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J33	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J34	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J35	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J36	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J37	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J38	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J39	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J40	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J41	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J42	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J43	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5

<<Continuación>>

J44	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J45	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J46	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J47	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J48	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J49	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J50	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5
J51	5	4	4	4	4	4	5	4	5	5
J52	5	4	5	4	4	4	5	4	5	5
J53	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5
J54	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5
J55	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5
J56	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5
J57	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5
J58	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5
J59	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5
J60	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5
J61	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5
J62	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5
J63	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5
J64	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5
J65	5	4	4	3	5	4	5	4	5	5
J66	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5

<<Continuación>>

J67	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5
J68	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5
J69	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5
J70	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5
J71	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5
J72	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5
J73	5	4	4	4	5	4	5	5	4	5
J74	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5
J75	5	5	4	4	5	3	4	5	4	5
J76	5	4	4	4	5	3	4	5	4	5
J77	5	4	4	5	5	3	5	5	4	5
J78	5	4	4	4	5	4	4	5	4	3
J79	5	4	4	4	5	3	5	5	4	4
J80	5	4	4	4	5	4	5	5	4	3
J81	5	4	4	4	4	4	5	5	5	2
J82	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5
J83	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5
J84	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5
J85	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5
J86	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4
J87	5	5	4	4	4	4	5	4	5	5
J88	5	5	4	5	4	4	5	4	5	5
J89	5	4	4	4	4	4	5	3	4	5

<<Continuación>>

J90	5	5	5	4	4	5	5	3	3	4
J91	5	5	4	4	4	4	5	3	5	3
J92	5	5	4	5	4	4	5	5	4	3
J93	5	5	4	5	4	4	5	3	4	3
J94	5	5	4	4	4	4	5	3	4	4
J95	4	5	4	5	4	4	5	4	3	3
J96	5	5	5	4	4	3	5	4	5	4
J97	5	5	4	4	4	4	5	4	4	2
J98	5	5	4	5	4	3	5	4	5	3
J99	5	5	4	4	5	3	5	5	4	3
J100	5	5	4	4	4	3	5	4	3	4
Promedio	4.85	4.24	4.31	4.03	4.31	3.97	4.94	4.67	4.63	4.72

Anexo 6: Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en el atributo olor

OLOR										
Jueces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
J1	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J2	5	4	5	3	4	4	5	5	4	5
J3	5	4	5	3	4	4	5	5	4	5
J4	4	4	5	3	4	4	5	5	4	5
J5	5	4	5	4	3	4	5	5	4	5
J6	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5

<<Continuación>>

J7	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J8	3	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J9	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J10	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J11	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J12	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J13	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J14	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J15	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J16	5	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J17	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J18	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J19	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J20	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J21	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J22	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J23	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J24	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J25	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J26	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J27	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J28	4	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J29	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5

<<Continuación>>

J30	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J31	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J32	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J33	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J34	4	4	4	3	4	4	5	5	4	5
J35	4	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J36	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J37	4	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J38	4	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J39	3	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J40	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J41	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J42	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J43	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J44	4	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J45	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J46	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J47	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J48	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J49	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5
J50	4	3	4	3	4	4	5	4	4	5
J51	5	3	4	3	4	4	5	4	4	5
J52	5	3	5	3	4	4	5	4	4	5

<<Continuación>>

J53	5	3	5	3	5	4	5	5	4	5
J54	5	3	5	3	5	4	5	4	4	5
J55	5	3	5	3	5	4	5	4	4	5
J56	5	3	5	3	5	4	5	5	4	5
J57	5	3	5	3	5	4	5	4	4	5
J58	5	3	5	3	5	4	4	4	4	5
J59	5	3	5	3	5	4	5	4	4	5
J60	5	3	5	3	5	4	5	5	4	5
J61	5	3	5	3	5	4	4	4	4	5
J62	5	3	5	3	5	4	5	5	4	5
J63	5	3	5	3	5	4	4	4	4	5
J64	5	3	5	3	5	4	5	5	4	5
J65	5	4	4	3	5	4	5	4	4	5
J66	5	5	4	3	5	4	5	5	4	5
J67	5	3	4	4	5	4	5	4	4	5
J68	5	4	4	3	3	4	5	5	4	5
J69	5	4	4	3	4	4	5	4	4	5
J70	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4
J71	4	3	3	3	4	4	5	4	5	4
J72	5	5	4	4	3	4	5	4	4	4
J73	5	4	3	3	3	4	5	5	4	4
J74	5	3	3	4	4	4	5	4	3	4
J75	5	5	3	3	4	3	4	4	3	4

<<Continuación>>

J76	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4
J77	4	4	4	3	3	3	5	4	3	4
J78	5	3	3	3	3	3	4	3	4	4
J79	5	4	3	3	4	3	5	3	4	4
J80	4	3	4	4	4	4	5	3	4	4
J81	5	4	3	4	3	3	5	3	4	2
J82	4	3	3	3	4	4	5	3	4	5
J83	5	5	3	3	4	5	5	3	4	5
J84	4	3	4	4	3	4	5	4	4	5
J85	5	5	3	3	4	4	5	4	4	5
J86	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4
J87	5	3	3	3	4	4	5	4	4	5
J88	5	3	4	3	4	4	4	4	4	5
J89	5	4	4	3	4	4	5	3	4	5
J90	4	5	5	3	4	4	5	3	4	4
J91	5	3	4	3	4	4	5	3	4	3
J92	5	5	4	3	4	4	5	5	4	3
J93	5	3	4	3	4	4	5	3	4	3
J94	5	5	4	3	4	4	5	3	4	4
J95	4	3	4	3	4	4	5	4	4	3
J96	5	5	5	3	4	3	5	4	4	4
J97	5	5	4	3	4	4	5	4	4	2
J98	5	5	4	3	4	3	5	4	4	3

<<Continuación>>

J99	5	5	4	3	5	3	5	5	4	3
J100	5	5	4	3	4	3	5	4	4	4
Promedio	4.79	3.71	4.19	3.10	3.89	3.91	4.93	4.48	3.97	4.66

Anexo 7: Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en el atributo sabor

SABOR										
Jueces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
J1	5	4	4	5	4	3	5	5	4	5
J2	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J3	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J4	4	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J5	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J6	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J7	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J8	3	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J9	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J10	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J11	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J12	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
J13	5	4	5	4	4	3	5	5	5	5
J14	5	4	5	4	4	3	5	5	5	5
J15	5	4	5	4	4	3	5	5	5	5

<<Continuación>>

J16	5	4	5	4	4	3	5	5	5	5
J17	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J18	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J19	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J20	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J21	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J22	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J23	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J24	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J25	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J26	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J27	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J28	4	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J29	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J30	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J31	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J32	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J33	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J34	4	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J35	4	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J36	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J37	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
J38	4	4	4	4	5	3	5	5	5	5

<<Continuación>>

J39	3	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J40	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J41	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J42	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J43	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J44	4	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J45	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J46	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J47	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J48	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J49	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J50	4	4	4	4	5	3	5	4	5	5
J51	5	4	4	4	5	3	5	4	5	5
J52	5	4	5	4	4	3	5	4	5	5
J53	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J54	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J55	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J56	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J57	5	4	5	4	5	3	5	4	5	5
J58	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J59	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J60	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J61	5	4	5	4	5	3	5	4	5	5

<<Continuación>>

J62	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J63	5	4	5	4	5	3	5	4	5	5
J64	5	4	5	4	5	3	5	5	5	5
J65	5	4	4	3	5	3	5	4	5	5
J66	5	5	4	4	5	3	5	5	5	5
J67	5	4	4	4	5	3	5	4	5	5
J68	5	4	4	4	5	3	5	5	5	5
J69	5	4	3	4	5	3	5	4	5	5
J70	5	4	3	4	5	3	5	5	4	5
J71	5	4	4	4	4	3	5	5	4	5
J72	5	4	3	4	4	3	5	4	4	5
J73	5	4	4	5	5	3	5	4	4	5
J74	5	4	3	4	4	3	5	4	4	5
J75	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5
J76	5	4	3	5	5	4	5	4	4	5
J77	5	4	3	5	3	4	5	4	4	5
J78	5	4	3	5	3	4	5	4	4	4
J79	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4
J80	5	4	3	5	4	4	5	4	4	4
J81	5	4	4	5	3	4	4	4	3	4
J82	5	4	4	5	4	4	4	4	3	4
J83	5	4	4	5	3	3	5	4	3	4
J84	5	4	4	5	3	3	5	4	3	4

<<Continuación>>

J85	5	4	5	5	3	3	5	4	3	4
J86	5	4	4	5	3	3	5	4	3	4
J87	5	4	4	5	3	3	5	5	4	4
J88	5	5	4	5	3	3	5	5	5	4
J89	5	4	4	5	3	3	5	5	4	3
J90	5	4	5	5	3	3	5	5	4	3
J91	5	5	4	5	3	3	5	4	4	3
J92	5	5	4	5	3	3	5	4	4	3
J93	5	5	4	5	3	3	5	5	4	3
J94	5	5	4	5	3	3	5	5	4	4
J95	5	5	4	5	3	3	5	5	4	3
J96	5	5	5	5	4	3	5	5	5	4
J97	5	5	4	5	4	3	5	5	4	2
J98	5	5	4	5	4	3	5	5	4	3
J99	5	5	4	5	5	3	5	5	4	3
J100	5	5	4	4	4	3	5	5	4	4
Promedio	4.89	4.12	4.22	4.37	4.19	3.08	4.97	4.75	4.53	4.67

Anexo 8. Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en el atributo textura

TEXTURA										
Jueces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
J1	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4

<<Continuación>>

J2	5	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J3	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J4	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J5	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J6	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J7	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J8	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J9	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J10	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4
J11	4	4	5	3	4	4	5	4	3	4
J12	4	4	5	3	4	4	5	4	4	4
J13	5	4	5	3	4	4	5	4	4	4
J14	5	4	5	3	4	4	5	4	4	4
J15	5	4	5	3	4	4	5	4	4	4
J16	5	4	5	3	4	4	5	4	4	4
J17	5	4	4	3	4	4	5	4	4	4
J18	5	4	4	3	4	4	5	4	4	4
J19	5	4	4	3	4	4	5	4	4	4
J20	5	4	4	3	4	4	5	4	4	4
J21	5	4	4	3	4	4	5	4	4	4
J22	5	4	4	3	4	4	5	4	4	5
J23	5	4	4	3	4	4	5	4	4	5
J24	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5

<<Continuación>>

J25	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5
J26	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5
J27	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5
J28	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5
J29	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5
J30	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5
J31	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5
J32	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5
J33	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J34	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J35	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J36	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J37	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J38	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J39	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J40	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J41	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J42	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J43	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J44	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J45	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J46	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J47	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4

<<Continuación>>

J48	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J49	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J50	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J51	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4
J52	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J53	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J54	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J55	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J56	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J57	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J58	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4
J59	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J60	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J61	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4
J62	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J63	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4
J64	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4
J65	5	4	4	3	4	4	5	4	4	4
J66	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5
J67	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5
J68	4	4	3	5	4	4	4	4	4	5
J69	4	4	3	5	4	4	4	5	4	5
J70	4	5	3	5	4	4	4	5	4	5

<<Continuación>>

J71	5	5	3	5	4	4	4	5	4	5
J72	5	5	3	5	3	4	4	4	4	5
J73	5	4	3	5	5	4	4	4	4	5
J74	5	5	4	5	5	4	4	4	4	5
J75	5	5	4	5	5	4	4	4	5	5
J76	4	4	3	5	3	4	4	5	5	5
J77	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5
J78	4	4	3	5	4	4	4	5	5	5
J79	4	4	3	5	4	4	5	5	5	5
J80	4	4	3	5	4	4	4	5	5	4
J81	4	4	3	5	4	4	5	5	5	2
J82	4	5	3	5	4	4	5	5	5	5
J83	4	4	3	5	4	5	4	5	5	5
J84	4	4	3	5	4	4	4	5	4	5
J85	4	4	3	5	4	5	4	5	4	5
J86	4	4	3	5	4	5	4	5	4	4
J87	4	4	3	4	4	4	4	5	3	5
J88	4	4	4	5	4	4	4	5	4	5
J89	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
J90	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5
J91	4	4	4	5	4	4	4	5	4	3
J92	4	4	4	5	4	4	5	5	4	3
J93	4	4	4	5	4	4	5	5	4	3

<<Continuación>>

J94	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4
J95	4	5	4	5	4	4	5	5	4	3
J96	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4
J97	5	5	4	4	4	4	5	4	4	2
J98	5	5	4	5	4	4	5	4	5	3
J99	5	5	4	4	4	4	5	4	4	3
J100	5	5	4	4	4	4	5	4	3	4
Promedio	4.58	4.13	4.14	4.13	4.01	4.03	4.65	4.23	3.98	4.23

Anexo 9. Resultados del análisis sensorial de las galletas con sustitución parcial en jueces adultos

CALIFICACIÓN DE APARIENCIA GENERAL DE GALETAS										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Jueces	6934	3662	9914	6455	5770	8754	9845	2356	3241	4317
J1	4	5	4	5	5	4	5	4	4	4
J2	5	4	5	4	4	3	5	5	4	5
J3	5	5	4	4	3	5	5	4	5	4
J4	5	3	5	4	4	3	5	5	2	5
J5	4	4	5	3	3	4	5	5	4	5
J6	4	5	4	3	4	5	5	5	3	4
J7	4	1	2	4	4	4	5	5	4	4
J8	5	3	4	4	4	4	5	5	5	5
J9	5	4	5	4	5	3	5	5	4	4
J10	5	5	4	3	3	4	5	5	5	5
J11	5	4	5	5	4	2	5	5	3	4
J12	5	3	3	4	5	5	5	5	3	4
J13	4	5	4	5	4	4	5	5	3	5
J14	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5

<<Continuación>>

J15	4	3	1	5	4	3	5	5	3	4
J16	5	4	3	4	5	5	5	5	4	5
J17	4	3	5	4	4	3	5	4	5	4
J18	5	5	4	5	3	4	5	4	3	5
J19	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5
J20	5	3	4	5	4	3	5	5	1	4
J21	5	3	5	4	5	4	5	5	2	5
J22	5	4	5	4	4	5	5	5	3	5
J23	4	5	4	3	4	4	5	5	5	4
J24	5	4	5	5	5	5	5	4	4	3
J25	5	3	5	4	4	4	5	5	5	5
J26	4	3	4	5	4	3	5	5	3	4
J27	5	2	5	4	3	4	5	5	4	3
J28	5	4	5	4	5	4	5	5	2	5
J29	5	5	4	5	4	5	5	4	3	4
J30	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5
J31	4	3	5	5	4	3	5	5	3	4
J32	5	4	5	4	3	4	5	4	5	5
J33	5	4	5	5	3	5	5	5	4	5
J34	4	5	4	4	3	5	5	5	3	4
J35	5	3	3	4	4	3	5	5	5	3
J36	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4
J37	5	5	1	4	3	4	5	5	4	5
J38	5	4	5	5	4	3	5	5	2	5
J39	5	3	3	4	5	4	5	5	5	5
J40	5	5	5	5	4	3	5	5	4	5
J41	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
J42	5	3	5	4	3	5	5	5	2	4
J43	5	4	3	5	5	3	5	5	3	5
J44	5	5	5	4	3	3	5	5	4	4
J45	5	3	5	4	4	4	4	5	5	5
J46	5	5	4	4	4	3	5	5	2	5

<<Continuación>>

J47	5	4	3	5	5	5	5	5	3	5
J48	5	5	4	4	3	4	5	5	5	5
J49	5	3	5	3	4	3	5	5	3	5
J50	5	3	1	5	5	2	5	5	1	5
J51	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5
J52	5	5	4	4	5	3	5	5	3	4
J53	4	4	3	5	4	4	5	5	4	5
J54	5	5	5	4	5	3	5	5	5	4
J55	5	4	3	4	3	5	5	5	3	5
J56	5	4	5	4	3	4	5	5	4	5
J57	5	4	1	5	4	3	5	5	5	4
J58	5	5	3	4	5	4	4	5	3	5
J59	5	4	5	3	3	5	5	5	4	5
J60	5	5	1	4	4	3	5	5	3	4
J61	5	4	3	5	5	5	5	5	4	3
J62	5	3	5	4	4	2	5	5	2	4
J63	5	4	4	3	3	4	5	5	5	5
J64	5	4	5	4	4	3	5	5	5	5
J65	5	4	5	4	4	3	5	5	3	4
J66	5	4	5	4	5	4	4	5	1	5
J67	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5
J68	5	4	5	4	3	4	5	5	3	4
J69	5	4	5	4	3	3	5	4	4	5
J70	5	5	3	4	4	1	5	5	5	4
J71	5	5	5	5	3	4	5	5	4	5
J72	5	4	3	4	4	3	5	5	3	5
J73	5	4	5	4	5	4	5	5	3	4
J74	5	3	5	5	3	5	4	5	3	5
J75	4	5	5	4	4	3	5	5	5	5
J76	5	4	3	5	5	5	5	5	4	4
J77	5	4	3	4	4	4	5	5	5	5
J78	5	4	5	4	5	3	5	5	4	4

<<Continuación>>

J79	5	5	4	5	4	4	5	5	3	5
J80	5	4	5	4	3	5	5	5	4	5
J81	4	5	4	5	4	3	5	5	5	5
J82	5	4	5	5	3	3	5	5	3	4
J83	5	4	3	4	5	4	5	5	4	5
J84	5	5	4	5	4	3	5	5	2	4
J85	5	4	5	4	3	4	5	5	5	5
J86	5	5	4	5	3	5	5	5	3	4
J87	5	5	5	4	3	3	5	5	3	5
J88	5	5	4	5	4	4	5	5	3	5
J89	5	4	3	4	4	3	5	5	3	4
J90	5	4	5	4	3	4	5	5	5	5
J91	5	4	5	5	3	5	5	5	3	5
J92	5	5	4	5	3	4	5	5	3	5
J93	5	4	5	4	4	5	5	5	3	5
J94	5	4	5	4	3	4	5	5	3	5
J95	5	5	5	5	3	4	5	5	4	4
J96	5	4	4	5	4	3	5	5	5	5
J97	5	4	5	4	3	4	5	5	4	5
J98	5	3	5	5	5	5	5	5	3	4
J99	5	5	5	4	3	3	5	5	5	5
J100	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5
PROMEDIO	4.86	4.06	4.20	4.28	3.89	3.84	4.96	4.92	3.71	4.57

Anexo 10. Análisis de varianza para los modelos predictivos en el atributo color para jueces niños.

Modelo	SC			GL			CM		
	SC	GL	CM	Error	Error	Error	F	P	R2
Lineal	0.2481	2	0.1240	0.6224	7	0.0889	1.3954	0.3090	0.2850
Cuadrático	0.0222	3	0.0074	0.6001	4	0.1500	0.0495	0.9834	0.3106
Cubico especial	0.5407	1	0.5407	0.0594	3	0.0198	27.2970	0.0136	0.9317
Total ajustado	0.8706	9	0.0967						

Anexo 11. Análisis de varianza para los modelos predictivos en el atributo olor para jueces niños.

Modelo	SC			GL			CM		
	SC	GL	CM	Error	Error	Error	F	P	R2
Lineal	0.1517	2	0.0759	1.2303	7	0.1758	0.4317	0.6656	0.1098
Cuadrático	0.0890	3	0.0297	1.1414	4	0.2853	0.1039	0.9535	0.1742
Cubico especial	1.0672	1	1.0672	0.0742	3	0.0247	43.1550	0.0072	0.9463
Total ajustado	1.3821	9	0.1536						

Anexo 12. Análisis de varianza para los modelos predictivos en el atributo sabor para jueces niños.

Modelo	SC			GL			CM		
	SC	GL	CM	Error	Error	Error	F	P	R2
Lineal	0.4782	2	0.2391	0.7888	7	0.1126	2.1218	0.1904	0.3774
Cuadrático	0.0580	3	0.0193	0.7308	4	0.1827	0.1058	0.9523	0.4232
Cubico especial	0.6802	1	0.6802	0.0505	3	0.0168	40.3692	0.0078	0.9601
Total ajustado	1.2670	9	0.1407						

Anexo 13. Análisis de varianza para los modelos predictivos en el atributo textura para jueces niños.

Modelo				SC	GL	CM	F	P	R ²
	SC	GL	CM	Error	Error	Error			
Lineal	0.1392	2	0.0696	0.3061	7	0.0437	1.5918	0.2692	0.3126
Cuadrático	0.0122	3	0.0040	0.2938	4	0.0734	0.0556	0.9804	0.3401
Cubico especial	0.1626	1	0.1626	0.1312	3	0.0437	3.7186	0.1494	0.7053
Total ajustado	0.4454	9	0.0494						

Anexo 14. Análisis de varianza para los modelos predictivos de la apariencia general de galletas para jueces adultos.

Modelo				SC	GL	CM	F	P	R ²
	SC	GL	CM	Error	Error	Error			
Lineal	0.7330	2	0.3665	1.2608	7	0.1801	2.0347	0.2010	0.3676
Cuadrático	0.0490	3	0.0163	1.2118	4	0.3029	0.0539	0.9812	0.3922
Cubico especial	0.7022	1	0.7022	0.5095	3	0.1698	4.1340	0.1349	0.7944
Total ajustado	1.9938	9	0.2215						

Anexo 15: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en el atributo color.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Model	0.811212	6	0.135202	6.825124	0.071786
Total Error	0.059428	3	0.019809		
Total Adjusted	0.870640	9	0.096738		

Anexo 16: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en el atributo olor.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Model	1.307902	6	0.217984	8.814735	0.050972
Total Error	0.074188	3	0.024729		
Total Adjusted	1.382090	9	0.153566		

Anexo 17: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en el atributo sabor.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Model	1.216535	6	0.202756	12.03191	0.033221
Total Error	0.050555	3	0.016852		
Total Adjusted	1.267090	9	0.140788		

Anexo 18: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en el atributo textura.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Cuadrados Medios	Valor F	Valor P
Model	0.314168	6	0.052361	1.197000	0.478341
Total Error	0.131232	3	0.043744		
Total Adjusted	0.445400	9	0.049489		

Anexo 19: Análisis de varianza para el grado de aceptabilidad en la apariencia general de las galletas en jueces adultos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Df	Cuadrados Medios	Valor F	Valor P
Model	1.484297	6	0.247383	1.456355	0.407735
Total Error	0.509593	3	0.169864		
Total Adjusted	1.993890	9	0.221543		

Anexo 20: Diferencia de Medias del promedio de calificación de los tratamientos en la elaboración de galletas dulces en jueces niños.

Grupo Duncan	Promedio	N	Tratamiento
A	4.8725	4	T7
A	4.7775	4	T1
A B	4.5700	4	T10
A B C	4.5325	4	T8
B C D	4.4250	4	T9
C D E	4.2150	4	T3
D E	4.1750	4	T4
D E	4.1475	4	T2
D E	4.1225	4	T5
E	3.9275	4	T6

Anexo 21: Diferencia de medias en los criterios de calificación galletas dulces en jueces adultos con método tukey y una confianza de 95%.

Tratamientos	N	Media	Agrupación			
T7	100	4.960	A			
T8	100	4.920	A	B		
T1	100	4.860	A	B	C	
T10	100	4.570		B	C	D
T4	100	4.280		B	C	D
T3	100	4.200			C	D E
T2	100	4.060			C	D E
T5	100	3.890				D E
T6	100	3.840				E
T9	100	3.710				E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 22: Determinación de Humedad.

Se pesó un crisol y agregó 5 gramos de la muestra de galletas, seguidamente se colocó en una estufa a 105 °C por 3 horas. La determinación de humedad se realiza por la diferencia de pesos. La determinación de materia seca se hace por la diferencia de peso entre el peso inicial de muestra 100 % y el porcentaje de humedad hallada, obteniéndose de esta manera y en forma directa el porcentaje de materia seca (AOAC, 2002).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso final}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Anexo 23: Determinación de acidez.

La acidez refleja la cantidad total de ácidos presentes en una muestra y se expresa en porcentajes, generalmente con base en el ácido predominante. En muchos casos, para facilitar las comparaciones, se indica en términos de ácido sulfúrico.

En primer lugar, se pesaron 5 g de muestra previamente triturada y secada en una estufa. A continuación, se añadieron 100 ml de agua destilada, se centrifugó durante 20 minutos y luego se filtró utilizando papel filtro sobre una fiola. Se tomó una alícuota de 25 ml del

filtrado, en un Erlenmeyer; adicionándole de 2 a 3 gotas de fenolftaleína y finalmente se tituló con una solución estandarizada de hidróxido de sodio, hasta la aparición del color rosado en la alícuota (A.O.A.C., 2002).

$$\% \text{ acidez} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{M} * 100$$

Donde:

V = Volumen de álcali gastado en la titulación de una alícuota.

N = Normalidad del álcali meq = valor del miliequivalente en gramos del ácido en el que se quiere expresar la acidez.

M = Gramos de muestra contenida en la alícuota.

Anexo 24: Determinación de pH.

El pH indica la acidez real de una sustancia, diferenciándose de la acidez valorable. Mientras que el pH mide la concentración de iones de hidrógeno activos (H⁺) en una solución, la acidez valorable refleja la cantidad de hidrógeno que puede ser reemplazado en una reacción de neutralización, sin considerar la capacidad de los ácidos para liberar dichos iones.

Para la determinación del pH en el producto, se pesaron 10 g de muestra y se trituraron en un mortero. Luego, se añadieron 100 ml de agua destilada, permitiendo la decantación del sobrenadante y su posterior filtrado. Finalmente, la medición del pH se realizó con un potenciómetro digital, siguiendo el método de la A.O.A.C. (2002).

Anexo 25: Determinación de proteína.

Inicialmente, se pesa entre 0.2 y 0.3 gramos de muestra y se adiciona 1 gramo de catalizador de oxidación, compuesto por una mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre, con el propósito de acelerar la reacción. Posteriormente, se limpia el cuello del balón de digestión con una pequeña cantidad de agua, se agregan 2.5 ml de ácido sulfúrico y se coloca el balón en la cocina de digestión.

Una vez digerida la muestra, esta se transfiere al equipo de destilación, donde se añaden 5 ml de hidróxido de sodio concentrado y se inicia el proceso de destilación mediante la aplicación de vapor. Se conecta el refrigerante y el destilado es recolectado en un matraz Erlenmeyer que contiene 5 ml de una mezcla de ácido bórico con indicadores de pH. La destilación concluye cuando cesa la liberación de amoníaco y se observa un cambio de color

en el indicador. Finalmente, se realiza la titulación utilizando ácido clorhídrico aproximadamente valorado (0.05 N) y se registra el consumo del reactivo (AOAC, 2002).

Cálculo: La cantidad de nitrógeno presente en la muestra se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ NITRÓGENO} = \frac{\text{ml de HLC} \times \text{Normalidad} \times \text{Meq de N}_2 \times 100}{\text{Gramos de muestra}}$$

Para obtener la cantidad de proteína total, se multiplica por el factor de 6.25.

$$\% \text{ de proteínas} = \% \text{ de Nitrógeno} \times 6.25$$

Anexo 26: Determinación de cenizas totales.

Se colocó los crisoles debidamente limpios en un horno de incineración (mufla) a una temperatura de 600 °C (con la finalidad de quemar todo el material inorgánico) durante 1 hora, luego se trasladó los crisoles del horno al desecador; de manera inmediata se pesó la muestra para evitar la absorción de la humedad. (AOAC, 2002).

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso de la ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Anexo 27: Determinación de fibra cruda.

La fibra cruda se calcula eliminando los carbohidratos solubles mediante la hidrólisis de compuestos simples, como azúcares, utilizando ácidos y álcalis débiles en caliente. Las cenizas se obtuvieron por diferencia de peso tras la incineración de la materia fibrosa obtenida.

Se pesó 1 g de muestra libre de grasa en un vaso de 600 ml y se hirvió durante 30 minutos con 200 ml de H₂SO₄ al 1,25 %. Posteriormente, se filtró y se lavó con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez. A continuación, se añadieron 200 ml de NaOH al 1,25 %, y la mezcla se hirvió por otros 30 minutos, asegurando el cuidado durante el procedimiento. Posteriormente la muestra se filtró al vacío utilizando una cápsula de cerámica porosa y se lavó nuevamente con agua destilada caliente. Luego, se secó en una estufa durante 3 horas. Transcurrido este tiempo, se pesó, y a este peso se le llamó P1. Luego se la colocó a la mufla

para eliminar la materia orgánica y obtener las cenizas, pesándola nuevamente, a este peso se llamó P2 (A.O.A.C., 2002).

$$\begin{aligned} \text{Fibra Bruta} &= P1 - P2 \\ \% \text{Fibra cruda} &= \frac{P1 - P2}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \end{aligned}$$

Anexo 28: Determinación de carbohidratos.

Este método también es conocido como Extracto Libre de Nitrógeno (NIFEX) o carbohidratos solubles. Consiste en calcular la diferencia entre 100 y la suma de los valores obtenidos para Ceniza, Proteína Total, Grasa y Fibra Cruda. La diferencia obtenida es el NIFEX en base seca, que está constituida por los hidratos de carbono soluble (almidón polisacáridos), que son arrastrados junto con otras sustancias, durante las digestiones ácidas y alcalinas en la determinación de la fibra cruda (A.O.A.C., 2002).

Cálculos:

$$\% \text{NIFEX} = 100 - (\% \text{Ceniza} + \% \text{Proteína} + \% \text{grasa} + \% \text{fibra})$$

Anexo 29: Determinación de grasa.

Para determinar la grasa mediante este método, es necesario utilizar muestras deshidratadas o, preferiblemente, previamente secadas hasta alcanzar un peso constante (95-100 °C).

Poner en una estufa a 110 °C la cantidad de matraces que se necesiten.

Después de una hora, retire los matraces de la estufa y déjelos enfriar en una campana con una sustancia deshidratante.

Para comenzar, se pesó 5 g de muestra y se colocaron en un trozo de papel filtro Whatman N°2. Luego, se colocó este paquete en el cuerpo del aparato Soxhlet. se agregó hexano destilado hasta que una parte de este sea sifonada hacia el matraz, seguidamente se conectó a una fuente de calor (como una cocina eléctrica). A medida que el hexano o éter se calienta, se evapora (a temperaturas de 68 °C a 84.6 °C), asciende hasta la parte superior del equipo y se condensa mediante refrigeración con agua. Posteriormente, el líquido cae sobre la muestra y regresa al matraz por sifón, arrastrando la grasa con él. El proceso opera en un

ciclo cerrado, con una velocidad de goteo del hexano de 45 a 65 gotas por minuto, y se extiende por aproximadamente 3 horas. Finalmente, se retiró el matraz del aparato cuando se observó que tenía una pequeña cantidad de hexano-éter, justo antes de que sea sifonado desde el cuerpo del equipo. Después se evaporó el hexano remanente en el matraz en una estufa y se enfrió en una campana que contenía sustancias deshidratantes (A.O.A.C., 2002).

Cálculo:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso de matraz con grasa} - \text{Peso de matraz vacío}}{\text{Gramos de muestra}} * 100$$

Anexo 30: Determinación de índice de peróxido.

Se siguió la metodología descrita por el INACAL (2016). Para ello, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se pesó un Erlenmeyer previamente tarado. Luego en un vaso de 100 cm³, se colocaron 10 g de la muestra preparada.
- Se añadió éter de petróleo y se agitó con una varilla durante aproximadamente 3 minutos posterior a ello, la mezcla se filtró sobre papel filtro en el Erlenmeyer tarado.
- Se dejó evaporar el éter a temperatura ambiente en un lugar ventilado.
- Se determinó la masa del Erlenmeyer con la grasa residual y se registró el peso de la grasa obtenida. Se añadieron 30 cm³ de una solución de ácido acético y cloroformo, mezclando hasta disolver la grasa.
- Con una pipeta, se incorporaron 0.5 cm³ de una solución saturada de yoduro de potasio. Se agregó 30 cm³ de agua destilada y se agitó.
- Se tituló la mezcla con una solución de tiosulfato de sodio 0.01 N hasta que el color cambió a amarillo. Luego, se añadieron 0.5 cm³ de una solución indicadora de almidón y se continuó la titulación hasta que el color azul del almidón desapareció.

$$Me = \frac{(A - a)N}{M} * 1000$$

Donde:

Me = Miliequivalente por kilogramo de grasa (me/kg).

A= Volumen de tiosulfato gastado, para titular la muestra, en cm³.

a = Volumen de tiosulfato gastado, para titular el blanco, en cm³.

N = Normalidad del tiosulfato.

M = Masa de la muestra, en gramos.

Anexo 31: Determinación de calcio.

Se empleó el método recomendado por Urizar, A. (1995). En este procedimiento, la muestra obtenida tras la digestión se colocó en una cápsula de porcelana y se calentó hasta su desecación en un baño María. Posteriormente, se reconstituyó en la misma cápsula con 5,0 ml de una solución de ácido nítrico al 2% p/v. Se realizaron dos lavados adicionales con 2.0 mL de la misma solución de ácido nítrico al 2% p/v, transfiriendo cada uno de manera cuantitativa a un balón aforado de 10 mL, completando finalmente el volumen con la solución de ácido nítrico al 2% o nítrico al 2% p/v al volumen indicado.

De esta solución, se tomó una alícuota de 1.0 mL y se transfirió a un balón aforado de 25 mL, donde se agregaron 5.0 mL de una solución de óxido de lantano al 0.5% p/v. Finalmente, el volumen se ensamblará utilizando una solución de ácido nítrico al 2% p/v.

Las muestras obtenidas mediante el procedimiento previamente descrito se examinan con un espectrofotómetro de absorción atómica de flama, empleando una longitud de onda de 422,7 nm.

Cálculo de la concentración de calcio en la galleta con el siguiente modelo matemático:

$$\frac{C \times 25 \times FH}{m} = \frac{mgCa}{100g \times TH}$$

Dónde:

C = Concentración de calcio determinada por el equipo de Absorción Atómica (mg/L).

25 = Constante que incluye el factor de dilución.

m = Peso de muestra (g) utilizado en el proceso de digestión ácida asistida por horno de microondas.

FH = Factor de humedad de la galleta.

TH = Peso de galleta Húmeda.

Anexo 32: Determinación de hierro.

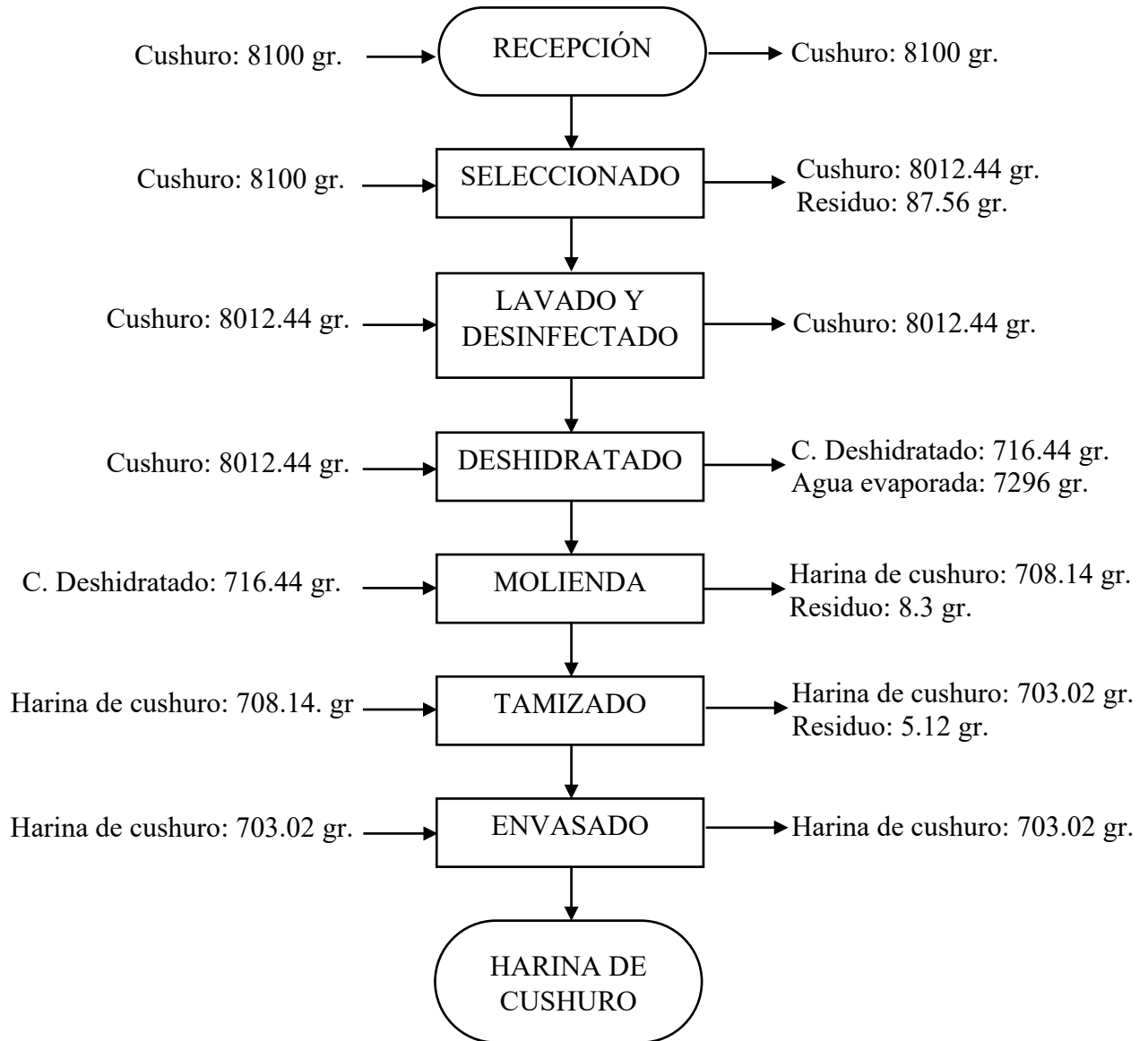
Para este análisis se utilizó el Método de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) con un espectrofotómetro de emisión óptica. Esta técnica se basa en medir la radiación emitida por los distintos elementos presentes en una muestra introducida, desarrollándose en tres etapas: plasma, espectrofotómetro y detector.

Anexo 33: Determinación de compuestos fenólicos.

Se utilizó el método de cromatografía líquida HPLC, siguiendo la recomendación de Vasantha *et al.* (2008). Para determinar el contenido fenólico total, se empleó el método de Folin-Ciocalteu. Se procesaron 5 g de muestra, que fueron homogeneizados en 20 mL de etanol acuoso al 80% durante 2 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, la mezcla se centrifugó a 4200 rpm durante 15 minutos, y el sobrenadante obtenido se evaporó en una estufa a 60 °C.

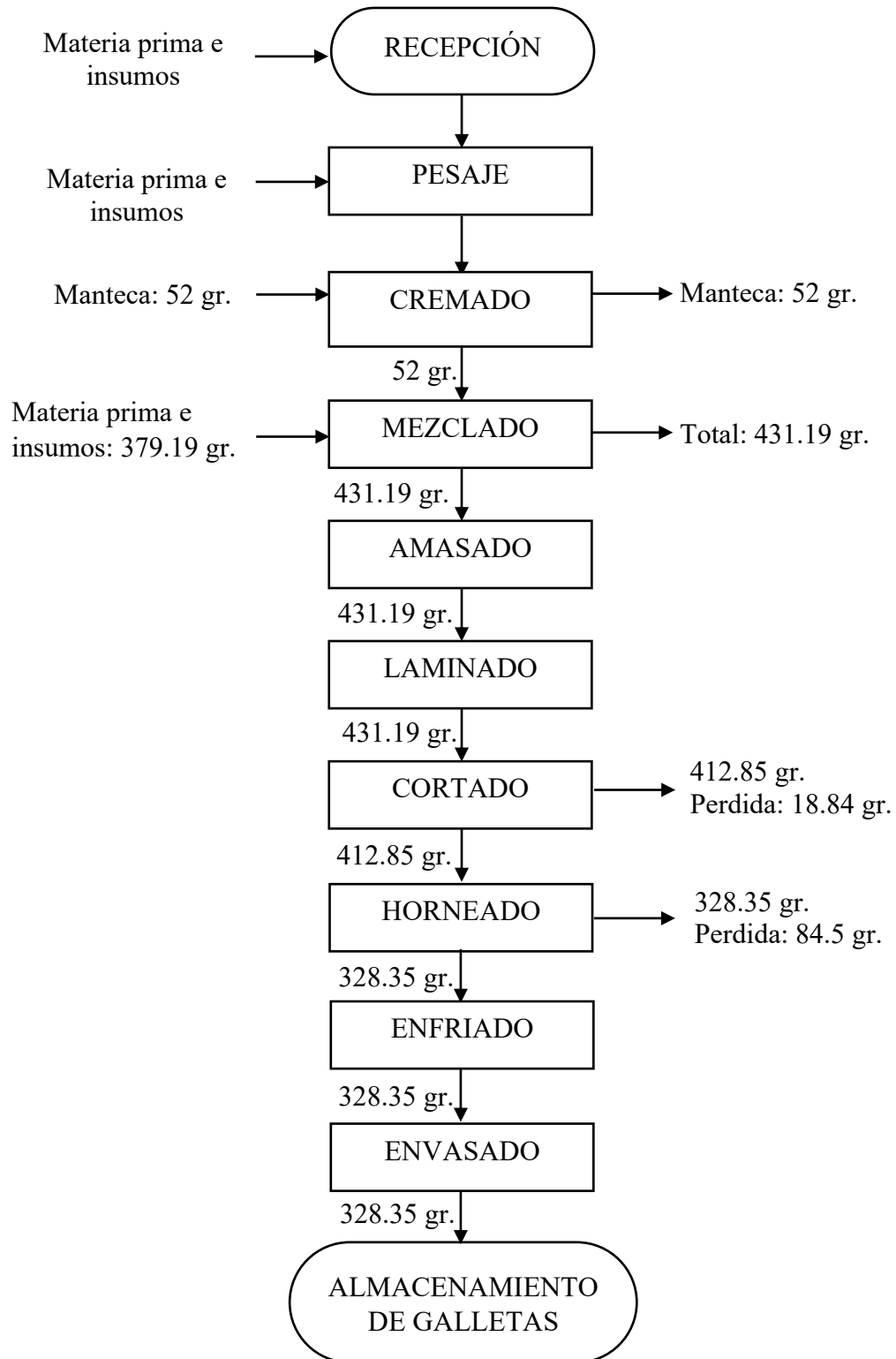
Los residuos resultantes se disolvieron en 5 mL de agua destilada, de los cuales se tomaron 100 µL y se diluyeron con 3 mL de agua destilada. Luego, se agregaron 0,5 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu. Después de un período de 3 minutos, se incorporaron 2 mL de una solución de carbonato de sodio al 20% (p/v), mezclándose vigorosamente. La absorbancia del color desarrollada tras 1 hora se midió mediante cromatografía líquida HPLC en luz visible a una longitud de onda de 650 nm, utilizando ácido gálico como estándar. Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico por 100 g de peso fresco.

Anexo 34: Balance de materia para la obtención de harina de cushuro.



$$\text{Rendimiento} = \frac{703.02 \text{ gr}}{8100 \text{ gr}} \times 100 = 8.68\%$$

Anexo 35: Balance de materia para la obtención de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro y cañihua.



$$\text{Rendimiento} = \frac{328.35 \text{ gr}}{431.19 \text{ gr}} \times 100 = 76.14\%$$