



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias

TESIS

**Análisis de textura por método instrumental y aceptabilidad de galletas
libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Industrias Alimentarias

AUTORES

Bach. Vargas Finaflor, Pedro Gustavo

Bach. Roque Pari, Javier

ASESOR ESPECIALISTA

Dr. Ygnacio Santa Cruz, Abraham Guillermo

ASESORA METODOLÓGICA

Dra. Morales Cabrera, Liz Amelia Juanitaflor

Lambayeque, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias

TESIS

**Análisis de textura por método instrumental y aceptabilidad de galletas
libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Industrias Alimentarias

AUTORES

Bach. Vargas Finaflor, Pedro Gustavo

Bach. Roque Pari, Javier

APROBADO POR

Dra. Noemi León Roque
Presidente

Dr. Iván Pedro Coronado Zuloeta
Secretario

M.Sc. Manuel Antonio Díaz Paredes
Vocal

Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
Asesor especialista

Dra. Morales Cabrera, Liz Amelia Juanitaflor
Asesora metodológica

DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a las personas más importantes en mi vida, quienes me han brindado su apoyo a lo largo de esta travesía académica. A mi madre, **Roxana Finaflor**, por ser mi fuente de inspiración y mi apoyo constante, a mi hermano, **Emerson Finaflor**, por su aliento y ayuda continua. A mi abuela, **Zoila Segura**, por su sabiduría y amor a lo largo de los años.*

*También dedico este logro a la memoria de mi abuelo **Pedro Finaflor**, quien ahora descansa en el cielo. Su amor y sabiduría siguen iluminando mi camino.*

*A mis **amigos**, quienes han estado a mi lado, brindándome su respaldo sincero y amistad leal.*

Pedro Vargas Finaflor

*El presente trabajo está dedicado a **Dios**, porque él me guía por el buen camino, cuida de mí, ha sido bueno conmigo y todo se lo debo.*

*A mis padres **Violeta Pari e Isidro Roque** quienes estuvieron desde el inicio de mi vida y con sus palabras de motivación no permitieron decaer para seguir adelante y sea perseverante con mis metas.*

*A mi hermano **Johnny Roque**, que a pesar de estar muy lejos siempre me aconsejaba en mi vida profesional.*

Javier Roque Pari

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, quien ha guiado mis pasos y me ha dado la fortaleza para llegar hasta este punto.

*Quiero agradecer también a mis asesores de tesis, el **Dr. Ygnacio Santa Cruz, Abraham Guillermo** y a la **Dra. Morales Cabrera Liz Amelia Juanitaflor**, por su orientación, apoyo invaluable y sabiduría a lo largo de la elaboración de este presente proyecto.*

*Agradezco a los ingenieros de laboratorio de la facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, **Luis Soto, Ingrid Neciosup, Cristian Vizconde** y otros, por su colaboración en la realización de este trabajo de investigación.*

*A mis **padres, hermanos y abuelos**, también les agradezco por su amor, paciencia y constante apoyo a lo largo de mi trayectoria académica.*

*También extender mi agradecimiento a mis **amistades**, quienes han sido una fuente constante de ánimo y alegría durante la elaboración de la presente tesis.*

Este logro no habría sido posible sin la contribución de todos ustedes. Su confianza en mí y su apoyo han sido fundamentales en este proceso de elaboración de la presente tesis.

Pedro Vargas Finaflor

Agradecer a Dios, por brindarme vida, salud, inteligencia y por enviarme a las personas adecuadas, que son mis padres. Ellos me inculcaron los buenos valores, la educación necesaria para poder salir adelante y el carácter para poder afrontar cualquier desafío; también agradecer a mi hermano por la motivación y los buenos consejos.

*A nuestros asesores **Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz** y a la **Dra. Liz Amelia Juanitaflor Cabrera Morales**, a ambos por compartir sus conocimientos, experiencia y enseñarnos el camino correcto en la elaboración del presente trabajo.*

A los ingenieros y técnicos de laboratorio de la facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias por brindarnos las facilidades en los usos de los instrumentos y manejo de los reactivos utilizados en sus instalaciones.

*Agradecer a laboratorio **OFILAB** y al **Ing. José Torres Flores** que nos apoyaron en un punto crítico de la investigación ya que no contábamos con el instrumento (texturómetro) necesario para poder realizar el análisis obteniendo resultados muy precisos en sus mediciones obtenidos de las muestras realizadas.*

Roque Pari Javier

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS	17
2.1 Antecedentes	17
2.2 Bases teóricas.....	20
2.2.1 El gluten	20
2.2.2 Enfermedad celiaca	20
2.2.3 Galletas	23
2.2.4 Quinoa.....	26
2.2.5 Harina de quinoa	27
2.2.6 Garbanzo	30
2.2.7 Harina de Garbanzo	30
2.2.8 Cáscara de mango	32
2.2.9 Cáscara de huevo	34
2.2.10 Análisis instrumental de textura en galletas.....	43
2.2.11 Evaluación Sensorial.....	45
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1 Lugar de ejecución.....	48
3.2 Materias primas e insumos.....	48
3.3 Equipos, materiales y reactivos.....	49
3.3.1 Equipos	49
3.3.2 Materiales.....	50

3.3.3 Reactivos.....	51
3.3.4 Envases y embalajes	51
3.4 Metodología experimental	52
3.4.1 Proceso de elaboración de la harina de garbanzo	52
3.4.2 Proceso de elaboración de harina de quinua	54
3.4.3 Proceso de elaboración de harina de cáscara de mango	56
3.4.4 Proceso de elaboración de harina de cáscara de huevo.....	59
3.4.5 Determinación de formulaciones de las galletas libres de gluten	61
3.5 Métodos de análisis.....	66
3.5.1 Análisis de rendimiento	66
3.5.2 Análisis químico - proximal.....	66
3.5.3 Análisis de textura instrumental.....	71
3.5.4 Análisis microbiológico	72
3.5.5 Evaluación sensorial	72
3.5.6 Análisis estadístico.....	73
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	74
4.1 Determinación de rendimiento.....	74
4.1.1 Determinación del rendimiento de las materias primas	74
4.1.2 Determinación del rendimiento de las galletas	75
4.2 Resultado de la composición químico-proximal de las materias primas	76
4.2.1 Resultado de la composición proximal de las materias primas	76
4.2.2 Resultado del análisis fisicoquímico de las materias primas	78
4.2.3 Resultado del análisis de minerales y otros elementos químicos (metales, no metales y metaloides).....	80
4.3 Resultado del análisis químico-proximal de las galletas	82
4.3.1 Resultado del análisis proximal de las galletas.....	82
4.3.2 Resultado del análisis fisicoquímico de las galletas	84

4.3.3 Resultado del análisis de minerales y otros elementos químicos (metales, no metales y metaloides).....	85
4.4 Resultado del análisis microbiológico	87
4.5. Resultado de la determinación de textura instrumental	88
4.6 Análisis estadístico de la evaluación sensorial	93
4.6.1 Evaluación sensorial del atributo color.....	93
4.6.2 Evaluación sensorial del atributo de olor.....	94
4.6.3 Evaluación sensorial del atributo de sabor.....	95
4.6.4 Evaluación sensorial del atributo de textura	96
4.6.5 Evaluación sensorial del atributo de apariencia.....	97
4.6.6 Evaluación sensorial general de las formulaciones	98
V. CONCLUSIONES.....	100
VI. RECOMENDACIONES	103
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
IX ANEXOS	117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desechos de cáscara de huevo generados en el Perú	38
Figura 2. Gráfica del análisis del perfil de textura instrumental.....	43
Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de garbanzo	52
Figura 4. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de quinua.....	54
Figura 5. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de mango	56
Figura 6. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de huevo	59
Figura 7. Diagrama de diseño experimental	61
Figura 8. Diagrama de flujo de las galletas libres de gluten.....	63
Figura 9. Gráfica Tukey para la variable de dureza con un intervalo del 95%	90
Figura 10. Gráfica Tukey para el variable de fracturabilidad con un intervalo del 95%	91
Figura 11. Gráfica Tukey para el variable de resistencia de deformación	92
Figura 12. Gráfica Tukey para el atributo de color con un intervalo de confianza del 95% ..	93
Figura 13. Gráfica Tukey para el atributo de olor con un intervalo del 95%	94
Figura 14. Gráfica Tukey para el atributo de sabor con un intervalo del 95%	95
Figura 15. Gráfica Tukey para el atributo de textura con un intervalo del 95%	96
Figura 16. Gráfica Tukey para el atributo de apariencia con un intervalo del 95%	97
Figura 17. Gráfica Tukey para la evaluación sensorial general, con un intervalo del 95% ...	99

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Síntomas de la enfermedad celiaca en adultos y niños	21
Tabla 2.	Listado de los cereales y alimentos permitidos y no permitidos para los celíacos ...	22
Tabla 3.	Clasificación de las galletas	24
Tabla 4.	Composición nutricional de galletas dulces de harina de trigo en porcentaje	24
Tabla 5.	Propiedades fisicoquímicas de las galletas	25
Tabla 6.	Propiedades sensoriales de las galletas	25
Tabla 7.	Criterios microbiológicos para productos de panificación, galletería y pastelería ...	26
Tabla 8.	Valor nutricional de la quinua por cada 100 g.....	27
Tabla 9.	Requisitos organolépticos de la harina de quinua.....	28
Tabla 10.	Requisitos fisicoquímicos de la harina de quinua.....	28
Tabla 11.	Requisitos microbiológicos de la harina de quinua	29
Tabla 12.	Composición nutricional de la harina de garbanzo.....	30
Tabla 13.	Composición de minerales de la harina de garbanzo.....	31
Tabla 14.	Composición nutricional de la harina de cáscara de mango	33
Tabla 15.	Composición nutricional de la cáscara de huevo.....	35
Tabla 16.	Minerales identificados en diferentes cáscaras de huevo	36
Tabla 17.	Propiedades fisicoquímicas del carbonato de calcio (CaCO₃).....	40
Tabla 18.	Cantidades recomendadas de calcio diariamente.....	41
Tabla 19.	Índice Diario Requerido (IDR) de algunos elementos químicos.....	42
Tabla 20.	Formulaciones de harinas empleadas expresadas en porcentaje	62

Tabla 21. Formulaciones de harinas e ingredientes empleados en la elaboración de galletas expresados en porcentaje	62
Tabla 22. Métodos de análisis proximal	66
Tabla 23. Métodos de análisis fisicoquímico.....	70
Tabla 24. Métodos de análisis microbiológico	72
Tabla 25. Escala hedónica.....	73
Tabla 26. Rendimiento de las materias primas	74
Tabla 27. Rendimiento de las galletas libre de gluten	75
Tabla 28. Composición nutricional de las materias primas	76
Tabla 29. Análisis fisicoquímico de las materias primas.....	78
Tabla 30. Relación de minerales y otros elementos químicos presentes en la cáscara de mango y huevo.....	80
Tabla 31. Resultado de análisis proximal en 100 g de galleta	82
Tabla 32. Resultados de análisis fisicoquímico	84
Tabla 33. Análisis de minerales y otros elementos químicos (metales, metaloides y no metales).....	85
Tabla 34. Métodos de análisis microbiológico	87
Tabla 35. Resultados obtenidos del texturómetro de la F0	89
Tabla 36. Resultados obtenidos del texturómetro de la F1	89
Tabla 37. Resultados obtenidos del texturómetro de la F2	89
Tabla 38. Resultados obtenidos del texturómetro de la F3	90
Tabla 39. Análisis de varianza para el atributo de color.....	93

Tabla 40. _Análisis de varianza para el atributo de olor.....	94
Tabla 41. _Análisis de varianza para el atributo de sabor	95
Tabla 42. _Análisis de varianza para el atributo de textura.....	96
Tabla 43. _Análisis de varianza para el atributo de apariencia.....	97
Tabla 44. _Tabla de promedios de la evaluación sensorial en general de las formulaciones ...	98
Tabla 45. _Análisis de varianza para la evaluación sensorial general	98
Tabla 46. _Tabla de medias del atributo de color con intervalos de confianza del 95,0%	142
Tabla 47. _Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de color.....	142
Tabla 48. _Tabla de medias del atributo de olor con intervalos de confianza del 95,0%	143
Tabla 49. _Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de olor	143
Tabla 50. _Tabla de medias del atributo de sabor con intervalos de confianza del 95,0%	144
Tabla 51. _Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de sabor	144
Tabla 52. _Tabla de medias del atributo de textura con intervalos de confianza del 95,0% ..	145
Tabla 53. _Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de textura.....	145
Tabla 54. _Tabla de medias del atributo de apariencia con intervalos de confianza del 95,0%	146
Tabla 55. _Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de apariencia	146

RESUMEN

La investigación tiene por objetivo analizar la textura instrumental y aceptabilidad de galletas libres de gluten, elaboradas con harinas de garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y de mango. Se caracterizó las materias primas por análisis químico proximal, presentando las harinas de quinua y garbanzo concentraciones de proteínas del 20,30 y 17,35% respectivamente. Además, la cáscara de huevo presentó un 95,90% de cenizas y 10531,12 mg/100 g de calcio, mientras que la harina de cáscara de mango presentó un 15,39% de fibra. Se desarrollaron cuatro formulaciones de galletas con diferentes proporciones de harinas: F0 (100% garbanzo), F1 (25% garbanzo, 48% quinua, 2% cáscara de huevo y 25% cáscara de mango), F2 (25% garbanzo, 43% quinua, 2% cáscara de huevo y 30% cáscara de mango) y F3 (25% garbanzo, 38% quinua, 2% cáscara de huevo y 35% cáscara de mango). También se realizó un análisis de textura instrumental, presentando la F3 una dureza de 644,33 gF, resistencia a la deformación de 20,57 mJ y fracturabilidad de 3,5 mm. Además, la formulación F3 obtuvo la mejor puntuación en términos de color (4,03), sabor (3,67) y apariencia (4,2). Se realizó un análisis químico proximal a las galletas, y se observó que las F3 presentó alto contenido de proteínas (13,34%), humedad (0,95%), cenizas (3,64%) y fibra (3,59%). En el análisis de minerales, la F3 destacó por su contenido de calcio y potasio, con 689,63 y 682,76 mg/100 g, respectivamente. Finalmente, se realizó un análisis microbiológico, y se encontraron valores por debajo a 10 UFC/g.

Palabras clave: Gluten, galleta, harina, cáscara de mango, cáscara de huevo, textura, aceptabilidad.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the instrumental texture and acceptability of gluten-free cookies, elaborated with chickpea, quinoa, eggshell and mango peel flours. The raw materials were characterized by proximal chemical analysis, with quinoa and chickpea flours presenting percentages of 20.30 and 17.35% protein, respectively. In addition, eggshell presented 95.90% ash and 10531.12 mg/100 g of calcium, while mango peel flour presented 15.39% fiber. Four cookie formulations were developed with different percentages of flours: F0 (100% chickpea), F1 (25% chickpea, 48% quinoa, 2% eggshell and 25% mango peel), F2 (25% chickpea, 43% quinoa, 2% eggshell and 30% mango peel) and F3 (25% chickpea, 38% quinoa, 2% eggshell and 35% mango peel). An instrumental texture analysis was also carried out, with F3 presenting a hardness of 644.33 gF, resistance to deformation of 20.57 mJ and fracturability of 3.5 mm. In addition, formulation F3 scored the best in terms of color (4.03), flavor (3.67) and appearance (4.20). A proximate chemical analysis was performed on the cookies, and it was observed that F3 presented high protein (13.34%), moisture (0.95%), ash (3.64%) and fiber (3.59%) contents. In the mineral analysis, F3 stood out for its calcium and potassium content, with 689.625 and 682.765 mg/100 g, respectively. Finally, a microbiological analysis was performed, and values below 10 CFU/g were found.

Keywords: Gluten, cookie, flour, mango peel, eggshell, texture, acceptability.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se estima que el 2% de la población mundial sufre de celiaquía. Estas personas al consumir alimentos con gluten, presentan diversos síntomas como, dolor abdominal, diarreas, vómitos y náuseas, pero a pesar de realizar un tratamiento clínico, en la mayoría de los casos no se presentan mejorías significativas (Ríos, 2016).

Diversos estudios han demostrado que la celiaquía ha aumentado con rapidez en el siglo XXI, siendo las mujeres y niños los que presentan más casos de esta enfermedad. En el 2020 se realizó un estudio para comprobar la tasa de incidencia de la celiaquía sobre la población y se comprobó que esta enfermedad aumenta en un 7,5% cada año, afectando más a mujeres (17 por cada 100 000 habitantes) que a hombres (8 por cada 100 00 habitantes) (Schar, 2020).

En el Perú el 1% de la población, sufre de enfermedad celiaca y ante esta situación la Asociación de Celiacos del Perú (ACP), está promoviendo el acceso con facilidad a la adquisición de productos libres de gluten. Sin embargo, hoy en día siguen siendo muy escasos los productos alimenticios industrializados que presentan dicha certificación (Maurer, 2019).

Así mismo las galletas son muy demandadas por la población, ya que aportan saciedad, energía y nutrientes. Sin embargo, usualmente son elaboradas a base de harina de trigo que es un alimento que contiene gluten, el cual brinda elasticidad y viscosidad a la masa. Por lo que reemplazarlo sería difícil, ya que modificaría su composición y formación (Diego, 2011).

Por otro lado, la galleta es un producto de consistencia dura y crocante, por lo que realizar un análisis de textura instrumental es de vital importancia. Esto se debe a que la dureza es un indicador de frescura y la crujencia define su estructura interna. Una textura no deseada indicaría una mala calidad del producto y un rechazo inminente por parte del consumidor (Diego, 2011).

La harina de cáscara de mango es un producto fino, que se elabora principalmente mediante los procesos de secado y molienda (Cháfer, 2000). Presenta gran contenido de carbohidratos, fibra cruda y minerales como calcio, magnesio, hierro, zinc; que benefician a múltiples funciones fisiológicas en el cuerpo humano (Sáyago y Álvarez, 2018). Además, es un producto que no contiene gluten por lo que es beneficioso para las personas celiacas (Moreno, 2017).

De igual forma la harina de cáscara de huevo es otro producto que está siendo investigado por su gran contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), presentando alrededor de 94 a 98%. Gracias a su alta biodisponibilidad puede ser utilizada como suplemento para las personas que sufren deficiencia de calcio y además también para personas con enfermedad celiaca ya que no presenta gluten (Bedoya y Valencia, 2020).

En base a esta información se elaboró el presente informe que tiene como finalidad analizar la textura por método instrumental y evaluar la aceptabilidad de galletas libres de gluten; elaboradas con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y de mango. El problema de investigación se define mediante la siguiente interrogante: ¿Tendrá influencia las diferentes concentraciones de harinas de garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y de mango sobre la textura por método instrumental y aceptabilidad en galletas libre de gluten?, la hipótesis se define la siguiente manera: la galleta con 2% de cáscara de huevo, 30% de cáscara de mango, 43% de harina de quinua y 25% de harina de garbanzo es la que presenta mayor aceptabilidad y mejor textura instrumental. Los objetivos específicos son: caracterizar las materias primas, determinar los procesos y parámetros para la formulación de las galletas, evaluar el perfil de textura por método instrumental, evaluar la aceptabilidad, realizar un análisis químico-proximal y por último analizar microbiológicamente las galletas libres de gluten.

II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

2.1 Antecedentes

Paredes (2021), elaboró galletas libre de gluten a base de harina de cañihua (40, 60 y 80%), lactosuero (15, 16 y 17%) y almidón de papa (0, 20 y 40%), cuyo objetivo fue obtener un producto muy nutritivo dirigido especialmente a las personas con enfermedad celiaca. Además, determinó la formulación óptima en función a las características fisicoquímicas y sensoriales de la galleta; siendo la concentración de 60% de cañihua, 17% de lactosuero y 40% de almidón de papa la más aceptable y además presentando un pH de 6,27, índice de peróxido menor a 0,3 meq/kg, elemento Fe= 31,73 mg/kg y una titulable de 0,15%.

Por otro lado, Arellano et al. (2016), elaboró una galleta con la inclusión de harina de cáscara de huevo, cuyo objetivo fue aprovechar su contenido de minerales y beneficiar a las personas que sufren de deficiencia de calcio, especialmente a la población del municipio de Apaseo el Grande. Tuvo como resultado, que las galletas con inclusión de harina de cáscara de huevo, proporcionan una cantidad de 38 mg de calcio por cada 100 g de cáscara de huevo y la galleta con inclusión de 60 g de harina de cáscara de huevo, proporcionan 22,8 mg de calcio.

Según Arce y Granja (2019), elaboró galletas a base de harina de garbanzo (30, 15 y 55%), quinua (25, 10 y 65%) y trigo (20, 5 y 75%), cuyo objetivo fue realizar una evaluación de la aceptabilidad y un análisis bromatológico proximal a las galletas elaboradas. El cual tuvo como resultado que la galleta con 25% de harina de garbanzo, 10% de harina de quinua y 65% de harina de trigo, presentó una mayor aceptabilidad en cuanto a las características organolépticas (color, olor, sabor y textura) y además presentó un 7% de carbohidratos, 7% de proteínas, y 1% de fibra cruda.

Soler et al. (2017), analizó las características nutricionales, el perfil de textura instrumental y la aceptación de galletas de trigo, sorgo y frijol, siendo el objetivo principal sustituir la harina de trigo por el 10, 30 y 100% de harina de sorgo y frijol. Para la evaluación de este producto se realizó un análisis sensorial mediante una escala hedónica de 6 puntos y se analizó la textura instrumental, donde se evaluó la fracturabilidad y dureza. El cual tuvo como resultado que la formulación con 60% de harina de trigo, 30% de harina de sorgo y 10% de harina de frijol, fue la más aceptada y presentó un mayor porcentaje de proteínas (19 a 23%). Sin embargo, la formulación que presentó mejor dureza, fue la galleta de harina de sorgo al 100% ($0,981 \pm 0,191$ KgF), mientras que la fracturabilidad fue mayor en la muestra patrón de harina de trigo al 100% ($0,488 \pm 0,134$ KgF).

Asimismo, Serna et al. (2015), llevó a cabo una evaluación de la harina de cáscara de mango deshidratada. Su objetivo principal consistía en investigar cómo el tamaño de partícula, con dos dimensiones específicas ($250 \mu\text{m}$ y $180 \mu\text{m}$), influía en diversas propiedades como la humectabilidad, solubilidad, capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRAC) e hinchazón. Además, examinó cómo diferentes variedades de mango, como Criollo, Keitt y Tommy Atkins, afectaban al contenido de compuestos antioxidantes, incluyendo carotenoides, antocianinas, licopeno y ácido ascórbico, así como el contenido de extracto etéreo y la actividad de agua en la harina de cáscara de mango. Los resultados obtenidos señalaron que a medida que aumentaba el diámetro de las partículas de la harina de cáscara de mango, se reducía el tiempo de humectabilidad y aumentaba la CRA y CRAC, al mismo tiempo se comprobó que un menor diámetro de partícula incrementaba la solubilidad. También se evidenció que la harina de cáscara de mango de la variedad criollo presentaba las mejores características en términos de humectabilidad, solubilidad, contenido de antocianinas y ácido ascórbico. En conjunto, este estudio respalda la idea de que la harina de cáscara de mango es un producto excelente con potencial para el desarrollo de productos funcionales.

Shahnila et al. (2022), elaboró galletas con la suplementación de harina de cáscara de huevo (5, 10, 15 y 20 %), además analizó la composición química, las características sensoriales, el poder calorífico, y evaluó la absorción del calcio en ratas de laboratorio. El cual tuvo como resultado que la adición de harina de cáscara de huevo en porcentajes de 5, 10, 15 y 20%, aumentó significativamente el contenido de calcio en las galletas de 43,57 mg/100 g a 1054,7; 2186,7; 2941,6 y 3843 mg/100 g respectivamente. Con respecto al porcentaje de absorción del calcio en ratas de laboratorio, la concentración de la galleta con el 5 y 10 % de harina de cáscara de huevo, fueron las que presentaron mayor porcentaje de absorción con el 41,83 y 38,27%, seguido de las concentraciones con el 15 y 20% de harina de cáscaras de huevo que presentaron una absorción del 27,95 y 14,51% respectivamente. Por último, la suplementación del 5 y 10 % de harina de cáscara de huevo, fueron las más aceptables de acuerdo con los atributos sensoriales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *El gluten*

El gluten es una proteína que principalmente se encuentra en el trigo, el cual tiene como función principal brindar estructura a los productos horneados. Esta proteína se desarrolla al momento del amasado y ayuda a que los alimentos mantengan su forma (Rattray, 2022).

El gluten a nivel molecular se divide en dos proteínas fundamentales, que son las gliadinas y gluteninas. Estas permiten que se unan entre sí para formar una red que sostiene la masa, permitiendo que los productos de panificación sean livianos y esponjosos (Hill, 2012).

2.2.2 *Enfermedad celiaca*

La celiarquía es una enfermedad autoinmune grave, que ocurre en aquellas personas que se encuentran genéticamente predispuestas, donde la ingestión del gluten (proteína que principalmente se encuentra en el trigo) provoca daños en el intestino delgado. Esta enfermedad afecta a 1 por cada 100 personas en todo el mundo, pero solo alrededor del 30% es diagnosticada de una manera adecuada (Celiac Disease Foundation, 2021).

Según Brizuela et al. (2020), indica que la celiarquía es una enfermedad que produce intolerancia permanente a algunas determinadas proteínas como el gluten y las prolaminas. Uno de los principales problemas que causa esta enfermedad a las personas, es el gran daño a la mucosa intestinal que se produce por respuesta de su sistema inmunitario. Además de causar anemia ya que no se absorben todos los nutrientes.

Diversas investigaciones indican que la enfermedad celíaca puede ser transmitido entre familiares, por lo que puede ser considerado como una enfermedad hereditaria. Así mismo, diferentes eventos clínicos y psicológicos que son considerados estresantes, como una cirugía, alguna infección viral, traumas emocionales o el embarazo pueden desencadenar esta enfermedad (Ratini, 2020).

En la tabla 1, se detallan los síntomas que produce la enfermedad celiaca.

Tabla 1

Síntomas de la enfermedad celiaca en adultos y niños

Adultos	Niños
Dolor abdominal	Hinchazón o vientre hinchado
Anemia	Anemia
Dolor de huesos	Malestar estomacal o vómitos
Estreñimiento	Estreñimiento
Diarrea	Esmalte dental dañado
Gases	Pubertad retrasada
Acidez	Retraso en el crecimiento, en bebés
Erupción con picazón y ampollas	Mal humor o cambios de humor
Úlceras bucales	Problemas neurológicos como (TDAH)
Dolores de cabeza,	Crecimiento lento y baja estatura
hormigueo en manos o pies,	Pérdida de peso
problemas de equilibrio	Depresión

Nota. Adaptado de Ratini (2020).

Los investigadores hasta el momento han determinado dos factores causales de la enfermedad celiaca (genética y consumo de gluten), siendo los genes relacionados con la celiacía el HLA-DQ2 y el HLA-DQ8. Según indica Anderson (2022), estos genes que provocan la aparición de la enfermedad celiaca, se pueden transmitir entre familiares directos (hijos, padres o hermanos) con una ocurrencia del 5 a 22%, sin embargo, no todas las personas desarrollan esta enfermedad. Las investigaciones además sugieren que los niños que ingieren

grandes cantidades de alimentos con gluten en la primera infancia, también pueden presentar un riesgo más elevado de padecer celiacía (Diseases, 2020).

Tabla 2

Listado de los cereales y alimentos permitidos y no permitidos para los celíacos

Alimento	Permitidos	No permitidos
Cereales y alimentos ricos en almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Arroz y derivados: crema de arroz, sémola pura de arroz, tortas de arroz • Maíz y derivados: maicena, sémola • Yuca y derivados: tapioca, tapiocalina • Harina de trigo sarraceno y trigo sarraceno puro (sin harina de trigo) • Harina de soja y soja • Sorgo • Mijo • Sésamo • Quinua • Maranta • Batatas • Ñame • Plátano • Harina infantil sin gluten • Ciertos cereales de desayuno elaborados únicamente con arroz y/o maíz y sin malta • Garbanzo 	<ul style="list-style-type: none"> • Trigo, centeno, cebada, avena, triticale y sus derivados. • Harina • Sémola • Pasta, fideos, raviolos, ñoquis • Bulgur • Todo tipo de pan, como el blanco, centeno, salvado, migas, brioches, tostadas, pan sueco. • Bizcochos. • Pan rallado • Cualquier alimento rebozado • Pasta quebrada, mantecados, hojaldre. • Todas las tartas y galletas dulces y saladas. • Todas las galletas de aperitivo • Todos los productos vendidos en panaderías • Toda la bollería comercial • Panes sin levadura

Nota. Adaptado de Ben Houmich y Admou (2021) y Palomino et al. (2018).

Algunos investigadores indican que existen también otros factores que propician la aparición de la enfermedad celiaca, como son las enfermedades infecciosas que se contraen durante los primeros años de vida. Ciertas infecciones del tracto digestivo pueden incrementar el riesgo. También se cree que los cambios en el microbioma del tracto digestivo que ayudan a la digestión podrían desempeñar un rol fundamental en la aparición de la celiacía (Diseases, 2020).

Entre los exámenes que se pueden realizar para identificar la enfermedad celiaca, se tienen las pruebas serológicas que se realizan mediante un análisis de sangre, con la finalidad de determinar anticuerpos. Esta prueba ayuda a identificar los niveles de proteínas de anticuerpos indicando una reacción inmunitaria al gluten, por lo que indirectamente se identificaría como algún indicio de celiaquía. Además, también se pueden realizar otras pruebas, como son los análisis genéticos para antígenos leucocitarios humanos (HLA-DQ2 y HLA-DQ8) (Mayo Clinic, 2021).

2.2.3 Galletas

Según indica INDECOPI (2016), las galletas son productos de formas variables, que presentan consistencia dura o crocante y son obtenidas al mezclar diferentes ingredientes como: harinas, leche, sal, huevos, agua, azúcar, mantequilla, grasas comestibles, saborizantes, colorantes, conservadores y otros ingredientes debidamente autorizados.

Así mismo Klunklin y Savage (2018) al igual que otros autores mencionan que, para la elaboración de galletas se utiliza a menudo la harina de trigo debido a su contenido de gluten, que es un componente responsable de la elasticidad y viscosidad de la masa, por lo que reemplazar la harina de trigo con otro tipo de compuesto modificará su composición y afectaría la formación de la masa.

2.2.3.1 Clasificación de galletas

Existen diferentes tipos de galletas alrededor de todo el mundo y pueden variar de acuerdo con su forma, sabor y tamaño. Sin embargo, la clasificación general lo determina las normativas de cada país. Según las normas técnicas peruanas la clasificación de las galletas se puede apreciar en la tabla 3.

Tabla 3*Clasificación de las galletas*

Clasificación	Especificación
De acuerdo con el sabor	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden presentarse de distintos sabores como: especiales, dulces o salados.
De acuerdo con la presentación	<p>Pueden ser de 3 formas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simples: Cuando la galleta es presentada sin agregados, luego de la cocción. • Rellenas: Cuando se añade un relleno entre dos galletas. • Revestidas: Pueden presentarse simples o rellenas. Este tipo de galletas presentan en el exterior algún tipo de revestimiento o baño apropiado.
Por su forma de comercialización	<ul style="list-style-type: none"> • Galletas envasadas: Se distribuyen empaquetados en pequeñas cantidades. • Galleta a granel: Se distribuyen en diferentes envases como, tecnopor, hojalata y cajas de cartón.

Nota. Adaptado de NTP 206.001. INDECOPI (2016).

En la tabla 4 se puede apreciar las características nutricionales de una galleta a base de harina de trigo.

Tabla 4*Composición nutricional de galletas dulces de harina de trigo en porcentaje*

Componentes	Porcentaje (%)
Proteína	15,70
Grasa	2,62
Ceniza	2,08
Carbohidratos	75,70
Humedad	3,90

Nota. Adaptado de Chirinos y Nataly (2017).

2.2.3.2 Características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de las galletas

De acuerdo con las NTP 206.001 y el Ministerio de Salud (2011), los criterios fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos que debe poseer las galletas son los que se aprecian en la tabla 5, 6 y 7.

Tabla 5

Propiedades fisicoquímicas de las galletas

Componentes	Porcentaje (%)
Humedad	12
Cenizas totales	3

Nota. Recuperado de NTP 206.001. INDECOPI (2016).

Tabla 6

Propiedades sensoriales de las galletas

Atributos	Especificaciones
Color, olor y sabor	Debe ser sui géneris, dependiendo el tipo de galleta elaborada.
Aspecto	Debe presentar un tamaño uniforme, dependiendo el tipo de galleta elaborada.
Consistencia	Debe ser sui géneris dependiendo el tipo de galleta elaborada.

Nota. Adaptado de Carrasco y Sánchez (2019).

Tabla 7*Criterios microbiológicos para productos de panificación, galletería y pastelería*

Microorganismos	Categoría	Clase	N	C	Límite por g	
					M	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ³
Escherichia coli (*)	6	3	5	1	3	20
Staphylococcus aureus (*)	8	3	5	1	10	10 ²
Clostridium perfringens	8	3	5	1	10	10 ²
Salmonella sp. (*)	10	2	5	0	Ausencia/25 g	
Bacillus cereus (***)	8	3	5	1	10 ²	10 ⁴

Nota. Recuperado de la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería. Ministerio de Salud (2011).

2.2.4 Quinua

La quinua es un pseudocereal andino muy aceptado en todo el mundo, cuya producción y consumo ha aumentado en las últimas décadas (Hernández, 2019). Este aumento en el consumo se debe principalmente, a las diferentes formas en que se puede utilizar la quinua; por ejemplo, se puede utilizar en forma de harina, hojuelas, pasta, pan y galletas (Szalay, 2018).

La gran variedad de nutrientes que presenta la quinua, es también otro de los factores por la que es muy consumida. Presenta proteínas, aminoácidos esenciales, carbohidratos, lípidos, fibra, vitaminas y minerales (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2018). Además, también presenta compuestos lipofílicos, hidrofílicos y compuestos fenólicos (Repo De Carrasco y Encina, 2008).

En la tabla 8 se puede observar el valor nutricional de la quinua.

Tabla 8*Valor nutricional de la quinua por cada 100 g*

Componentes	Unidad	Cantidad
Proteína	%	14,33
Grasa	%	6,46
Ceniza	%	2,08
Carbohidratos	%	65,97
Humedad	%	11,16
Calcio	mg	148
Hierro	mg	13,2
Magnesio	mg	249,6
Fósforo	mg	383,7
Zinc	mg	4,4

Nota. Adaptado de Rojas et al. (2016) y Escalante (2021).

2.2.5 Harina de quinua

2.2.5.1 Definición

Según las NTP 011.451 de INDECOPI (2013), define a este producto como un derivado de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), a la que se le ha aplicado procesos de molienda y trituración, con la finalidad de reducir su granulometría y poder ser utilizado de diferentes maneras.

2.2.5.2 Requisitos de la harina de quinua

Tabla 9

Requisitos organolépticos de la harina de quinua

Características organolépticas	Definición
Aspecto	Exenta de cualquier componente, que sea distinto a su composición.
Color	Blanco, blanco cremoso, blanco amarillento o sui géneris según la variedad.
Olor	Sui géneris, exento de olores extraños ya sea por mohos o por otro componente extraño.
Sabor	Sui géneris, exento de sabores extraños ya sea por mohos o por otro componente extraño.
Consistencia	Sustancia uniforme que no presenta ningún tipo de grumos, considerando la compactación natural del envasado y estibado.

Nota. Adaptado de NTP 0.11.451 de INDECOPI (2013).

Tabla 10

Requisitos fisicoquímicos de la harina de quinua

Componentes	Unidades	Valores
Humedad	%	Máximo 13,5
Proteína	%	Mínimo 10
Fibra cruda	%	Mínimo 1,70
Cenizas totales	%	Mínimo 3,0
Grasa	%	Mínimo 4,0
Carbohidratos	%	Mínimo 72,70
Acidez, (expresada como ácido oleico)	%	Máximo 1

Nota. Recuperado de NTP 011.451 de INDECOPI (2013).

Tabla 11*Requisitos microbiológicos de la harina de quinua*

Microorganismos	Categoría	Clase	N	C	Límite por g	
					M	M
Mohos	2	3	5	2	10 ⁴	10 ⁵
Escherichia coli	5	3	5	2	10	10 ²
Salmonella sp.	10	2	5	0	Ausencia/25 g	

Nota. Recuperado de NTP 0.11.451 de INDECOPI (2013).

2.2.5.3 Aplicación y beneficios de la harina de quinua

La harina de quinua es muy utilizada para la formulación de productos alimentarios modernos, especialmente por sus propiedades tecnológicas (excelente temperatura de gelatinización y una alta solubilidad de la harina en agua) (Vargas et al., 2019).

La harina de quinua presenta gran cantidad de nutrientes como proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas y ácidos grasos polisaturados que actúan como antioxidante natural, beneficiando a la salud humana y evitando el desarrollo de ciertas enfermedades incluido el cáncer (Vargas et al., 2019). Además, es un alimento de alto valor biológico, que aporta energía y beneficia a las personas que llevan una alta actividad física como los deportistas. Asimismo, puede ser consumida sin problemas por personas celíacas al no contener gluten (Escalante, 2021).

2.2.6 Garbanzo

2.2.6.1 Definición

El garbanzo es una leguminosa de tamaño pequeño y de forma redonda, que presenta gran fuente de nutrientes como, carbohidratos, proteínas, fibra y minerales (potasio, fósforo, magnesio y calcio) (Monreal, 2018). Existen aproximadamente 40 variedades diferentes en el mundo, siendo cultivadas en el Perú las variedades Desi y Kabuli (Valladolid, 2019).

2.2.6.2 Producción y exportación nacional

El Perú es un país donde se cultivan cada año grandes cantidades de leguminosas, entre ellas al garbanzo. Solamente en el año 2020, el Perú realizó una producción anual de garbanzo de 1242 toneladas y logró exportar en ese mismo año un total de 1000 toneladas, obteniendo ganancias de 911 198 dólares (Agraria.pe, 2022).

2.2.7 Harina de Garbanzo

La harina de garbanzo es un producto que se obtiene de la molienda (forma manual o mecánica) del grano hasta ser convertido en polvo y luego ser tamizado para eliminar cualquier residuo extraño o simplemente disminuir su granulometría (Lara, 2016). Presenta gran cantidad de proteínas, carbohidratos y también de minerales como se observa en la tabla 12 y 13.

Tabla 12

Composición nutricional de la harina de garbanzo

Componentes	Porcentaje (%)
Proteína	20,47
Grasa	6,04
Ceniza	1,11
Carbohidratos	62,95
Humedad	9,43

Nota. Adaptado de Corral (2020).

Tabla 13*Composición de minerales de la harina de garbanzo*

Componentes	Contenido (mg)
Calcio	105
Hierro	4,86
Magnesio	166
Zinc	2,81
Sodio	64
Potasio	846

Nota. Recuperado de Lara (2016).

Además, La harina de garbanzo es muy utilizada en el Perú de manera no industrializada como en sopas, guisos, puré y espesante. Por otro lado, en países como en la India, Pakistán y Nepal, la harina de garbanzo es utilizado para elaborar productos de panificación o como un sustituto del huevo (Osman, 2020).

2.2.7.1 Propiedades y beneficios de la harina de garbanzo

La harina de garbanzo presenta en su composición gran variedad de nutrientes, como proteínas, vitaminas (hidrosolubles B1, B3, B6, B9 y liposolubles C, E y K) y minerales (hierro, magnesio, potasio, fosforo, calcio y zinc) (Palomino et al., 2018). Además, aporta una gran cantidad de fibra soluble e insoluble (Zuñiga, 2022).

La harina de garbanzo presenta los siguientes beneficios: aporte de proteínas y vitamina E, regulan el tránsito intestinal, facilitan la pérdida de peso, ayudan a mantener huesos y músculos sanos, colaboran en el cuidado de la salud de los bebés, protege la salud del corazón, aportan calcio y ayudan a prevenir la diabetes o la obesidad (Zuñiga 2022). Además, el consumo moderado de harina de garbanzo reduce el colesterol, los triglicéridos y mejora la salud cardiovascular (Monreal, 2018). También es considerado como un ingrediente esencial ya que puede ser usado como una alternativa de consumo para las personas con enfermedad

celiaca, porque actúa de la misma manera que la harina de trigo común y además es muy aprovechada para dietas veganas como un sustituto del huevo (Arce y Granja, 2019).

2.2.8 Cáscara de mango

Siguiendo la información proporcionada por Mejía y Ramírez (2013) en el Perú, los subproductos agrícolas, tales como la cáscara, semilla, bagazo, así como las frutas y vegetales dañados, plantean una seria preocupación medioambiental debido a la ausencia de políticas adecuadas para gestionar dichos residuos.

En función de la variedad de mango, se constata que la cáscara puede representar entre el 18 y el 21% del peso total del fruto, mientras que la semilla puede oscilar entre el 13 y el 29%. Es relevante destacar que un porcentaje reducido de pulpa puede quedar adherido a la cáscara, lo que genera un volumen significativo de desechos, principalmente originado en las instalaciones de procesamiento de mango (García, 2003).

La cáscara de mango presenta gran variedad de compuestos antioxidantes como los polifenoles, cuya cantidad dependerá del tipo de mango, el estado de madurez y las condiciones ambientales en donde se produce (Lizárraga y Hernández, 2018). Igualmente, la cáscara del mango ofrece una abundante fuente de azúcares, proteínas y fibras, así como un notable contenido de pectina, que sirven para la producción de mermeladas, jaleas y ciertos productos farmacéuticos. La elevada concentración de azúcares también ha suscitado un creciente interés como fuente de carbono en los procedimientos de fermentación (Ajila et al., 2008).

Así mismo Serna et al. (2015), indica que en la industria alimentaria también se puede utilizar la cáscara de mango en forma de harina, para mejorar las propiedades reológicas, sensoriales, estabilidad fisicoquímica y microbiológica de los productos alimentarios. Generando soluciones tecnológicas, ya que son fáciles de conservar, transportar, almacenar, procesar, dosificar y utilizar.

La harina de cáscara de mango es un producto fino y homogéneo, de color amarillo crema, que es elaborada mediante los procesos de selección, lavado, pelado, secado, molienda, envasado y pesado (Cháfer, 2000), presentando además valiosos componentes como polifenoles, carotenoides, enzimas y fibra dietética (Ajila et al., 2008).

Gracias a su contenido de fibra soluble y a las bajas cantidades de grasas en su composición, la harina de cáscara de mango ayuda a regular los niveles de colesterol en la sangre. Además, al consumir este producto regula la velocidad de absorción de los azúcares que están presentes en los alimentos. También la cáscara de mango presenta fibra insoluble, que se caracteriza por su escasa capacidad para formar soluciones viscosas y baja fermentabilidad que se resisten a la acción de los microorganismos del intestino, normalizando las deposiciones y beneficiando a la reducción de peso. Entre las principales fibras dietarias se encuentran la pectina, celulosa y hemicelulosa (Artica, 2008).

Otro de los beneficios que brinda la cáscara de mango es la buena cantidad de minerales que contienen, como: calcio, magnesio, hierro, zinc, beneficiando a múltiples funciones fisiológicas en el cuerpo humano (Sáyago y Álvarez, 2018).

Tabla 14

Composición nutricional de la harina de cáscara de mango

Componentes	Porcentaje (%)
Proteína	2,88
Grasa	1,51
Ceniza	1,74
Carbohidratos	85,88
Humedad	7,99

Nota. Adaptado de Medina et al. (2017).

La cáscara de mango posee varios componentes volátiles, entre ellos se destacan los polifenoles, vitaminas, ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas, compuestos terpénicos resinosos, lactonas y ácidos. Algunos de estos compuestos brindan aroma y sabor agradable, así como también sabores amargos (Pino, 2021). Sin embargo, cuando se aplican tratamientos térmicos para la producción de harina de cáscara de mango estos componentes se eliminan ya que no soportan temperaturas menores a 100 °C, por lo que solo se aprovechan los componentes no volátiles como las fibras, proteínas, minerales entre otros.

2.2.9 Cáscara de huevo

2.2.9.1 Definición

Acho y Padilla (2016) menciona que la cáscara de huevo presenta grandes cantidades de calcio y esto se debe a que, durante el tiempo de puesta la gallina, se debe movilizar grandes cantidades de este mineral mediante un proceso metabólico. La cáscara de huevo es semipermeable al agua y al aire; y además evita la proliferación microbiana debido a que presenta diversos minerales, siendo el componente principal el carbonato de calcio (CaCO_3). La resistencia de la cáscara de huevo depende de muchos factores como: la cantidad de minerales, el tamaño, el grosor y la forma (Chang, 2020).

Bedoya y Valencia (2020), define a la cáscara de huevo como un desecho agroindustrial que presenta en su composición un 95% de minerales y una estructura porosa, que permite el intercambio de agua y gas; entre el ambiente y el embrión. Esta capacidad también está dada por la composición de la cutícula, que es una membrana semipermeable de alto contenido proteico.

2.2.9.2 Propiedades físicas, químicas y nutricionales de la cáscara de huevo

La cáscara de huevo presenta alrededor de 10 000 poros en la superficie, cada uno de 0,0017 mm de diámetro, permitiendo el intercambio de gases y la pérdida de humedad.

Además, al presentar un grosor de aproximadamente 0,30 mm permite una mayor protección del interior del huevo (Yacinalp, 2020).

La cáscara del huevo, que equivale del 10 al 12% de su peso total, está compuesta principalmente por minerales (alrededor del 95%) y sustancias orgánicas (entre 3,0 y 3,5%), incluyendo proteoglicanos y diversas proteínas como ovocleidina 116, ovotransferrina, ovoalbúmina, ovocalixina 32, ovocleidina 17, osteopontina (OPN) y lisozima. Estas proteínas desempeñan roles clave en la estructura de los cristales de calcita, la protección antimicrobiana y la regulación de la mineralización de la cáscara (Bedoya y Valencia, 2020).

Con respecto a su composición bromatológica de la cáscara de huevo puede variar de acuerdo con muchos factores, como por ejemplo el tipo de animal, la raza, lugar de procedencia, alimentación, entre otros, sin embargo, según indica Bedoya y Valencia (2020), la cáscara de huevo presenta alrededor de un 2% de humedad, y de materia seca un 98%, teniendo un 5% de proteína cruda y un 93% de cenizas, siendo el componente mayoritario de los minerales. el carbonato de calcio (CaCO_3) correspondiendo entre un 94 a 98%.

Tabla 15

Composición nutricional de la cáscara de huevo

Componentes	Cantidad (100 g)
Humedad	0,64 g
Ceniza	94,5 g
Calcio	36,7 g
Magnesio	388 mg
Fosforo	99,8 mg

Nota. Recuperado de Pérez et al. (2018).

Uno de los componentes importantes de la cáscara de huevo es el carbonato de calcio (CaCO_3). La cáscara de huevo tiene una capacidad de absorción de calcio que supera la de las

fuentes minerales como rocas y corales. Su alta biodisponibilidad se debe a que el carbonato de calcio (CaCO_3) presente en la cáscara se descompone en bicarbonato de calcio, lo que facilita la absorción del ion calcio por el organismo. Además, una cáscara de huevo puede presentar alrededor de 2 g de calcio, superando la cantidad de 1 g diario requerido para una persona (Bedoya y Valencia, 2020).

En un estudio realizado por Arunlertaree et al. (2007), para la identificación de minerales se utilizó el espectrómetro de fluorescencia de rayos X y se demostró que las cáscaras de huevo de pato y de gallina tenían un contenido químico similar, compuesto principalmente por CaCO_3 y otros elementos como S, Mg, P, Al, K y Sr. El resultado de este estudio se puede presentar en la tabla 16.

Tabla 16

Minerales identificados en diferentes cáscaras de huevo

Componentes	Cáscara de huevo de gallina natural (%)	Cáscara de huevo de gallina cocida (%)	Cáscara de huevo de pato natural (%)	Cáscara de huevo de pato cocido (%)
Carbonato de calcio (CaCO_3)	96,48	96,48	96,48	95,99
Azufre (S)	2,31	3,59	1,24	1,92
Magnesio (Mg)	0,404	0,440	0,996	0,927
Fósforo (P)	0,501	0,469	0,508	0,481
Aluminio (Al)	-	-		0,309
Potasio (K)	-	-	0,0839	0,00957
Estroncio (Sr)	0,0737	0,0734	0,118	0,093

Nota. Recuperado de Arunlertaree et al. (2007)

2.2.9.3 Aplicaciones de la cáscara de huevo en alimentos

La cáscara de huevo viene siendo investigada y utilizada por sus componentes. Ha sido empleada en algunas industrias como suplemento, debido a la alta absorción y digestibilidad del calcio (Bedoya y Valencia, 2020).

La cáscara de huevo está siendo considerada un subproducto de excelente calidad, de muy bajo costo y muy fácil de obtener. En una investigación realizada en galletas de chocolate, se le adicionó diversas proporciones de polvo de cáscara de huevo (3, 6 y 9%), siendo el que presentó mejores características sensoriales la formulación con 6% (Bedoya y Valencia, 2020). Además, en otro estudio se realizó la elaboración de panes con inclusión de polvo de cáscara de huevo, aumentando el nivel de calcio de 33,74 a 1250,83 mg/100 g. (Bedoya y Valencia, 2020).

Por otro lado, en una investigación se realizó la adición de polvos de cáscara de huevo en leche aumentando significativamente el contenido de calcio. Permitiendo que una persona adulta pase de consumir 1 litro de leche a solo 500 o 700 ml por día, además se reportó que esta adición mejora la absorción de calcio y la retención de la fracción del mismo mineral total (Bedoya y Valencia, 2020).

2.2.9.4 Descarte de la cáscara de huevo

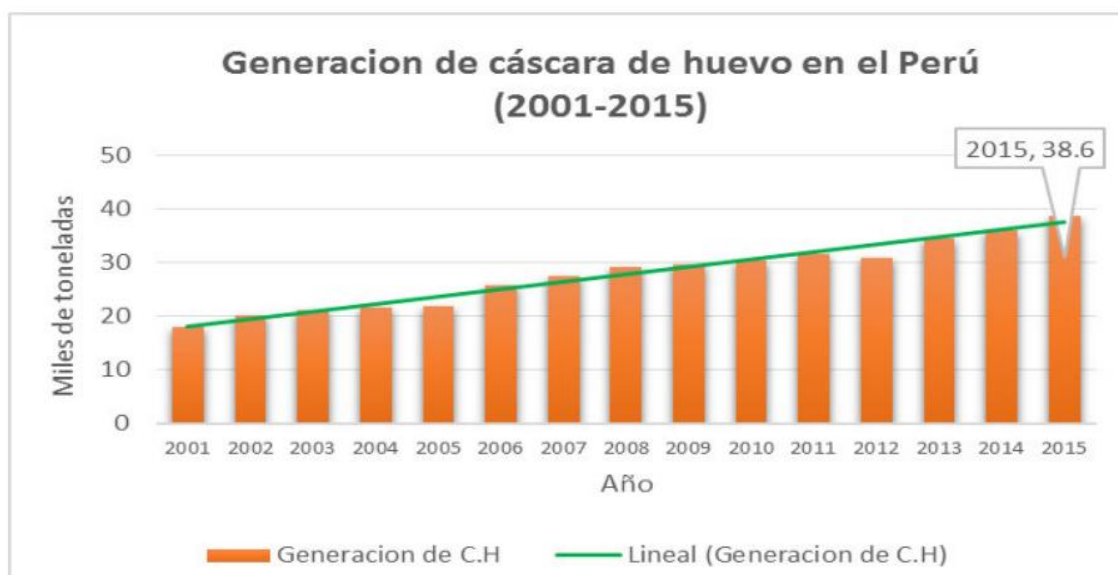
Solamente en España se elimina alrededor de 16 mil toneladas de cáscaras de huevo al año y si hablamos de toda Europa esta cifra aumenta significativamente, siendo unas 300 mil toneladas al año (TUV SUD, 2022). A nivel mundial en el año 2018 se realizaron reportes sobre la cantidad de huevo producida, teniendo una producción de 78 millones de toneladas, contribuyendo aproximadamente al descarte de una cantidad de 8,58 millones de toneladas de cáscara de huevo en aquel año (Waheed et al., 2020).

Con respecto al Perú, según indica Burga (2018), la generación de cáscara de huevo en toneladas por año se puede apreciar en la figura 1. Presentando un gran aumento desde el año 2001 con aproximadamente 19 mil toneladas hasta el 2015 con 38,6 mil toneladas, estimando también aumentos en los próximos años debido al aumento de la demanda del huevo. Esto es

algo muy desfavorable para la población peruana, por la acumulación de desechos que se generan al año.

Figura 1

Desechos de cáscara de huevo generados en el Perú durante los años 2001 al 2015



Nota. Recuperado de Burga, (2018).

Es importante reconocer el gran impacto que generaría en la sociedad, evitar que la contaminación generada por las cáscaras de huevo se detenga y se convierta en productos que puedan utilizar la población. Existe evidencia que indica que la cáscara de huevo puede ser utilizada con fines médicos y nutricionales, No obstante, es necesario reconocer y explorar más a fondo el potencial que este biorresiduo posee como materia prima. A pesar de los múltiples estudios realizados para aprovecharlo, estos esfuerzos resultan insuficientes frente a la considerable cantidad de residuos generados anualmente en todo el mundo. Además, el costo elevado asociado con su gestión y eliminación plantea un desafío adicional. (Bedoya y Valencia, 2020).

A pesar de que existen restricciones de su utilización en diferentes países, la evidencia indica que la cáscara de huevo es una fuente de baja toxicidad química y libre de microorganismos patógenos, al ser sometida a los tratamientos térmicos adecuados. El uso de este recurso abre la puerta para mejorar productos preexistentes mejorando la calidad nutricional y el costo. Además, aborda el problema de la contaminación ambiental al impulsar la creación de ingredientes funcionales en las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria. Estos ingredientes pueden reemplazar sustancias químicas o naturales que conllevan riesgos para la salud. También se plantea la posibilidad de desarrollar envases biodegradables como parte de esta propuesta (Bedoya y Valencia, 2020).

2.2.9.5 Carbonato de calcio y absorción del calcio

El carbonato de calcio (CaCO_3) es un suplemento de calcio mineral que se utiliza para tratar la osteoporosis o aumentar la falta de calcio en el organismo. Así como también se utiliza para el tratamiento de la acidez y el malestar estomacal. Además, este componente se utiliza para tratar los problemas óseos en personas con cáncer, siendo uno de los suplementos de calcio más eficaces (NIH, 2011).

El carbonato de calcio (CaCO_3) se compone principalmente de tres elementos: oxígeno, carbono y calcio. Esta combinación genera una mezcla resistente que se encuentra en diversos elementos naturales, como las rocas y la cáscara de huevo. El calcio elemental es fundamental, ya que representa la cantidad real de calcio presente en el suplemento, siendo esencial para la absorción corporal y su contribución al crecimiento óseo y otros beneficios para la salud (Carpintero, 2022). El carbonato de calcio (CaCO_3) contiene aproximadamente un 40% de calcio elemental, lo que significa que 1000 mg de carbonato de calcio contienen 400 mg de calcio elemental (Mayo Clinic, 2022).

Tabla 17*Propiedades fisicoquímicas del carbonato de calcio (CaCO₃)*

Propiedades	Indicador
Estado Físico	Sólido
Color	Blanco
Olor	Inodoro
Punto de ebullición o punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	No Determinado
Inflamabilidad	No Combustible
Límite superior e inferior de explosividad	No Determinado
Punto de inflamación	No Es Aplicable
Temperatura de auto-inflamación	No Determinado
Temperatura de descomposición	825 °C
pH	9,5-10,5
Viscosidad cinemática	No relevantes
Solubilidad en agua (20 °C)	0,014 g/L

Nota. Recuperado de Reglamento REACH (2022).

Los huesos están formados por diferentes componentes minerales, entre los más importantes se destacan el calcio, magnesio, flúor y fósforo (Erosky Consumer, 2006), siendo la vitamina D, uno de los componentes fundamentales que intervienen en la absorción del calcio y la prevención de la osteoporosis.

Sin embargo, diversas investigaciones de carácter científico han identificado que el magnesio (aproximadamente el 65% se encuentra en los huesos), tiene un papel fundamental en la formación de las estructuras óseas y esto se debe a que mejora la asimilación del calcio. Una cantidad deficiente del magnesio en el organismo, además de una excesiva ingesta de alimentos con elevado exceso de fosfatos (como las carnes o verduras), puede llegar a interferir negativamente en el metabolismo del calcio, debido a que el magnesio suprime la acción de la

paratohormona, hormona que aumenta la resorción ósea y estimula los osteoclastos (células de los huesos) para degradar el hueso. Otro de los beneficios del magnesio es que activa una enzima que es necesaria para la formación de huesos nuevos, además de influir positivamente en la actividad de la vitamina D, que es de vital importancia para la fijación del calcio al hueso (Erosky Consumer, 2006).

Tabla 18

Cantidades recomendadas de calcio diariamente

Etapas	Cantidad mínima diaria recomendada (mg)	Cantidad máxima recomendada (mg)
Bebés hasta los 6 meses	200	1000
Bebés de 7 a 12 meses	260	1500
Niños de 4 a 8 años	1000	2500
Niños de 9 a 18 años	1300	3000
Adultos de 19 a 50 años	1000	2500
Adultos mayores de 51 años	1200	2000
Adolescentes embarazadas y en período de lactancia	1300	3000
Adultas embarazadas y en período de lactancia	1000	2500

Nota. Recuperado de National Institutes Of Health, (2022).

Tabla 19*Índice Diario Requerido (IDR) de algunos elementos químicos.*

Elemento	IDR		FUENTES
	mg/día	Edades	
Plata	0,07	Mayores a 19 años	(NIH, 2020)
Aluminio	7,4	Mayores a 19 años	(Elika, 2022)
Arsénico	0,01	Mayores a 19 años	(Rodríguez, 2021)
Boro	20	Mayores a 19 años	(NIH, 2020)
Bario	0,75	Mayores a 19 años	(Organization, 2004)
Berilio	0,004	Mayores a 19 años	(ATSDR, 2002)
Bismuto	480	Mayores a 19 años	(AEP, 2020)
Calcio	1000	Personas de 19 a 51 años	(DerSarkissian, 2022)
	1200	Mayores a 51 años	
Cadmio	0,005	Mayores a 19 años	(ATSDR., 2016)
Cerio	< 75	Mayores a 19 años	(Elsevier, 2019)
Cobalto	< 1,4	Mayores a 19 años	(Nidirect, 2020)
Cromo	0,2	Mayores a 19 años	(Alvarado. et al , 2002)
Cobre	10	Mayores a 19 años	(DerSarkissian, 2022)
Hierro	8	Niños de 9 a 13 años	(DerSarkissian, 2022)
	18	Mujeres de 19 a 51 años	
Potasio	2500	Niños de 9 a 13 años	(NIH, 2019)
	3400	Mayores a 19 años	
Litio	1	Mayores a 19 años	(NIH, 2019)
Magnesio	400	Hombres mayores a 31 años	(DerSarkissian, 2022)
	310	Mujeres mayores a 31 años	
Manganeso	2	Mayores a 19 años	(DerSarkissian, 2022)
Molibdeno	0,1	Mayores a 19 años	(DerSarkissian, 2022)
Sodio	1500	19-50 años	(DerSarkissian, 2022)
	1300	51 a 70 años	
Níquel	< 1	Mayores a 19 años	(DerSarkissian, 2022)
Fósforo	700	Mayores a 19 años	(DerSarkissian, 2022)
Azufre	850	Mayores a 19 años	(HUMANITAS, 2020)
Antimonio	0,005	Mayores a 19 años	(NIH, 2010)
Selenio	0,05	Mayores a 19 años	(DerSarkissian, 2022)
Silicio	50	Mayores a 19 años	(Capilla, 2017)
Estaño	1,5	Mayores a 19 años	(Pennintong, 2020)
Estroncio	4,6	Mayores a 19 años	(WebMD, 2020)
Titanio	0,8	Mayores a 19 años	(lenntech, 2020)
Talio	0,002	Mayores a 19 años	(ATSDR, 2016)
Uranio	0,0015	Mayores a 19 años	(ATSDR, 2015)
Vanadio	1,8	Mayores a 19 años	(DerSarkissian, 2022)
Zinc	8	Mayores a 19 años	(DerSarkissian, 2022)
Óxido de silicio	350	Mayores a 19 años	(BFR, 2020)

Nota. Recuperado de diversos autores.

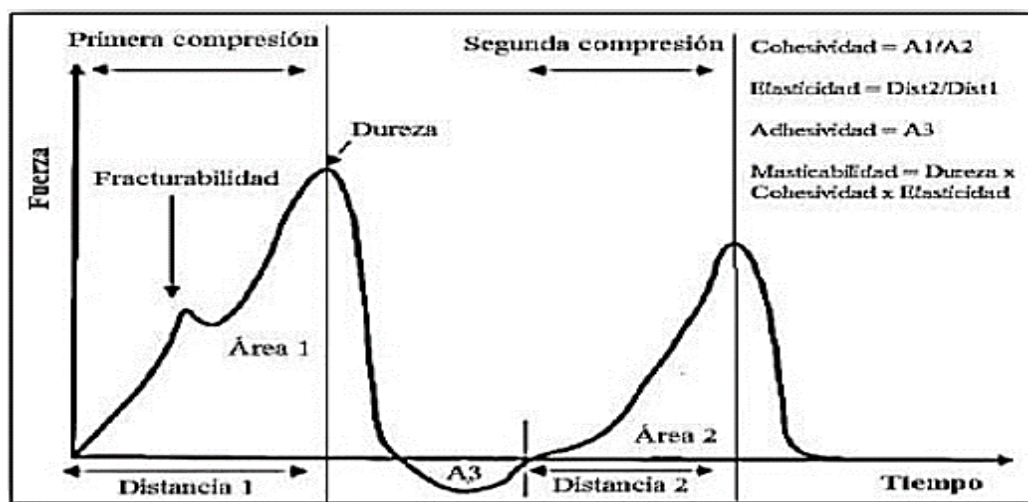
2.2.10 Análisis instrumental de textura en galletas

La textura de un alimento es una característica que abarca todas sus propiedades mecánicas. Al realizar un análisis de textura, se evalúan cinco parámetros específicos, que son: firmeza o dureza, elasticidad, cohesividad, viscosidad y adhesividad (González e Inga, 2018).

La textura instrumental es una de las propiedades fundamentales juntos con el sabor y color, que influyen en la adquisición de una galleta u otro producto alimentario y para realizar su medición se debe utilizar un instrumento en específico denominado texturómetro, que es un equipo que ha sido desarrollado con el fin de medir las características mecánicas de los alimentos. Específicamente para la medida de la textura en galletas se han utilizado ensayos de punción, compresión y ensayos de flexión y ruptura (González e Inga, 2018).

Figura 2

Gráfica del análisis del perfil de textura instrumental



Nota. Recuperado de González et al. (2015).

En la figura 2 se puede apreciar una gráfica del perfil de textura instrumental donde se muestran los siguientes puntos:

2.2.10.1 Fracturabilidad

Se encuentra en la sección principal de la figura 2 y constituye la primera disminución significativa durante el primer ciclo de compresión, esto se debe a la alta dureza y a la baja cohesión del material. En términos simples, la fracturabilidad es la medida de la dureza que se experimenta cuando la galleta se quiebra, se rompe o cruje (González et al., 2015).

2.2.10.2 Dureza

La dureza es la fuerza máxima que se obtiene en la primera parte de la compresión e imita el primer mordisco. Este parámetro no es más que la fuerza que se requiere para comprimir la galleta o un alimento entre la lengua, el paladar o los dientes molares. Se expresa en unidades de fuerza, generalmente Newton (González et al., 2015).

2.2.10.3 Cohesividad

La cohesividad se define como la relación entre el área de fuerza positiva registrada durante la segunda compresión y el área correspondiente a la primera compresión. Este factor refleja la capacidad de resistir una fractura bajo compresión y, al mismo tiempo, representa la fuerza que mantiene unidas las partículas. No tiene unidades de medida y un valor igual a uno indica que la muestra se recupera por completo después de la primera compresión (González et al., 2015).

2.2.10.4 Adhesividad

Este es el espacio correspondiente a la fuerza negativa en el primer mordisco de la galleta y denota la energía necesaria para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y otros materiales con los que entra en contacto. Se cuantifica en términos de trabajo, típicamente expresado en Joules (González et al., 2015).

2.2.10.5 Gomosidad

Este valor es el resultado de multiplicar la dureza por la cohesividad y representa la cantidad de energía necesaria para descomponer un alimento semisólido hasta que se vuelva apto para su consumo. Se expresa en unidades de fuerza, específicamente en Newtons (González et al., 2015).

2.2.10.6 Elasticidad

Este concepto está vinculado a la distancia que el alimento recupera su altura original entre el término del primer bocado y el inicio del segundo. Evalúa en qué grado la estructura inicial del alimento se ve alterada debido a la compresión inicial. Es importante destacar que esta medida carece de unidades de medida, ya que es adimensional. (González et al., 2015).

2.2.10.7 Masticabilidad

La masticabilidad se define como la energía requerida para masticar y triturar una galleta hasta que pueda ser consumida. Esta medida se obtiene multiplicando la gomosidad por la elasticidad del alimento. Por lo general, se expresa en unidades de masa, siendo el kilogramo (kg) la unidad de medida más comúnmente utilizada. (González et al., 2015).

2.2.11 Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial se refiere al análisis de la aceptación o rechazo de un alimento por parte de un catador o consumidor. Esto se basa en las sensaciones que experimentan desde el momento en que observan el alimento hasta después de haberlo consumido. (Hernandez, 2005). Con el tiempo, los investigadores han ido refinando las evaluaciones sensoriales, desarrollando métodos sensoriales para obtener respuestas más objetivas de los catadores. Estos procedimientos se utilizan para determinar hasta qué punto existen diferencias de sabor, olor, textura, apariencia y otros atributos entre los productos (Peralta, 2016).

2.2.11.1 Propiedades Sensoriales de las galletas

Las propiedades sensoriales u organolépticas son atributos que se detectan a través de los sentidos. Algunas propiedades se pueden percibir con un solo sentido, mientras que otras se pueden detectar con dos o más sentidos (Anzaldúa, 2013). Las galletas deben presentar excelentes características de color, sabor, olor, textura y apariencia, para ser adquiridas por los consumidores, ya que son atributos que definen a la calidad del producto.

- a) **Color.** El color de la galleta es la única propiedad sensorial que se puede medir con mayor eficacia mediante instrumentos visuales. Hay colorímetros diseñados específicamente para este alimento, pero son muy costosos y requieren de un manejo cuidadoso o un mantenimiento adecuado (Hernández, 2003). Sin embargo, para realizar la evaluación del color de las galletas usualmente se realiza mediante panelistas entrenados que analizan su grado de aceptabilidad, siendo menos costoso y también efectivo.
- b) **Olor.** Arroyo y Barrientos (2014), mencionan que el olor es la percepción de las sustancias volátiles liberadas en los alimentos. En la evaluación de olores de galletas, es muy importante que la muestra no se contamine con otro tipo de aroma, por lo que la sustancia o alimento a evaluar debe mantenerse en un recipiente hermético.
- c) **Textura.** Según Arroyo y Barrientos (2014), la textura de un alimento se percibe a través del tacto, la vista y el oído cuando el alimento sufre alguna deformación física. En el caso de las galletas, su textura solo se puede apreciar cuando se les aplica presión o manipulación, permitiendo evaluar si son duras o blandas mediante el sentido del tacto.
- d) **Sabor.** Las galletas emiten la sensación de sabor u otras sustancias mediante el sentido del gusto. Esta percepción que se obtiene por los componentes químicos está determinada en un 80% por el sentido del olfato y un 20% por el paladar y la lengua.

Es por eso que cuando una persona presenta problemas respiratorios o esta congestionado, siente que los alimentos no tienen ningún sabor. (Peralta y Rivera, 2018)

2.2.11.2 Análisis sensorial de galletas

- a) **Los Jueces.** Para realizar el análisis sensorial de una galleta, se tiene en cuenta a los jueces de evaluación, que según indica Reglero (2011), su labor es realizar la evaluación sensorial y está conformado por personas de cualquier edad. Se eligen según su habilidad, entrenamiento, disponibilidad e interés o motivación y se evalúan mediante escala hedónica. Se pueden distinguir:
- b) **Jueces expertos.** Son personas con bastante experiencia, sensibilidad y entrenamiento en el tema. Tienen un amplio conocimiento del producto u alimento y cuentan con especialización. Suelen ocupar puestos como control de calidad y procesos. De acuerdo de las circunstancias pueden actuar de manera solitaria o en grupos muy reducidos.
- c) **Jueces entrenados (panelistas).** Son grupos de personas integrados entre 7 y 15 personas, que realizaran la evaluación sensorial. Estas personas poseen una habilidad demostrada para la detección de uno o pocos atributos en el producto, reciben capacitaciones del producto para ser evaluado. Participan regularmente en diversos tipos pruebas con distintos objetivos.
- d) **Jueces de laboratorio.** Se trata de individuos ordinarios que han recibido formación y participan de manera esporádica en evaluaciones simples.
- e) **Jueces consumidores.** Son personas comunes que no han recibido ningún entrenamiento y son escogidos al azar entre los consumidores habituales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó en los laboratorios de Fisicoquímica, Tecnología de Alimentos y Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque; y en el laboratorio de Química de la empresa OFILAB ubicada en Comas, Lima.

3.2 Materias primas e insumos

Para la elaboración de las galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango se utilizaron las siguientes materias primas e insumos:

- Garbanzo a granel, obtenido del mercado modelo de Chiclayo.
- Quinua a granel, obtenido del mercado modelo de Chiclayo.
- Mangos variedad criollo, procedente del distrito de Mórrope.
- Huevos pardos marca TOTTUS.
- Azúcar rubia marca Cartavio.
- Margarina marca Danesa.
- Goma Xantana marca JOFSAC.
- Esencia de vainilla, marca Negrita.
- Canela molida marca BELL'S.
- Polvo de hornear marca Universal.
- Benzoato de sodio marca JOFSAC.

3.3 Equipos, materiales y reactivos.

3.3.1 Equipos

- Balanza semianalítica con precisión de 0,01 g, marca ADAM.
- Balanza analítica con precisión de 0,0001 g, marca OHAUS.
- Molino universal, con una potencia de 225 W. Marca IKA.
- Deshidratador de alimentos de hasta 90 °C y de 4500 W. Marca BOXA.
- Horno multiusos de acero inoxidable, a gas y con ladrillos refractarios. Marca Gastro Mc.
- Batidora de mano con 5 velocidades, de 2000 W. Marca Dinos Internacional.
- Estufa eléctrica de 111 L. de capacidad, con temperaturas de hasta 250 °C, modelo ECO 111, marca ECOCELL.
- pH-metro digital de mesa, con electrodo combinado. Marca HANNA HI5222-02.
- Refractómetro con precisión de $\pm 0,03$ °Brix, marca ATAGO Rx-5000x.
- Equipo Soxhlet, con una potencia del calentador de 250 W. Modelo EQ 500, ISOLAB.
- Digestor Kjeldahl con temperaturas de hasta 420 °C y de 8 posiciones. Marca VELP.
- Bomba de aspiración y recirculación de agua, con eficiencia de 35 L/ min. Marca VELP.
- Destilador semiautomático Kjeldahl con una potencia de 2200 W, modelo UDK 139. Marca VELP.
- Texturómetro Brookfield modelo CT3 4500, con una precisión de 0,1 mm.
- Mufla de hasta 1100 °C, con una potencia de 2000 W. Marca PROTHERM.
- Campana extractora con ductería. Modelo FRONTIER DUO TM, marca ESCO.
- Determinador de humedad, con precisión de 0,01%, marca KERN, modelo 200-2.
- Termorreactor de hasta 160 °C, con 25 posiciones. Marca VELP.
- Espectrómetro de masas ICP-MS FISHER SCIENTIFIC.

- Cocina eléctrica de 2 hornillas color negro, con potencia de 2250 W, modelo FZ-204D4N, marca FINEZZA.

3.3.2 *Materiales*

- Baguetas de vidrio.
- Bureta con válvula de 100 ml.
- Pipetas de 10 ml.
- Probetas de 10, 50 y 100 ml.
- Capsula de porcelana.
- Crisol de porcelana.
- Desecador de vidrio.
- Embudos de vidrio.
- Lunas de reloj.
- Mortero de porcelana y madera.
- Matraces Erlenmeyer 200 y 250 ml.
- Placa Petri de vidrio.
- Juego de tamices de 100 y 150 μm .
- Bandejas de acero inoxidable.
- Bowl de aluminio.
- Papel manteca.
- Cuchillos, cucharas y cucharones.
- Platos de vidrio.
- Mesa de amasado.
- Espátulas de aluminio.
- Moldes de acero inoxidable.

- Cortador para masa de acero inoxidable.
- Ollas de acero inoxidable.
- Rodillos de madera.
- Vasos de precipitación de 10, 100, 250 y 500 ml.
- Balones de fondo plano de 500 ml.

3.3.3 Reactivos

- Fenolftaleína al 1%.
- hidróxido de sodio (NaOH) al 35%, 0,1N y 0,313N.
- Indicador mixto Tashiro.
- Catalizador de sulfato de cobre potásico.
- Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) de 95 a 98%.
- Ácido bórico, solución al 4%.
- Ácido clorhídrico (HCl) 0,1N y 0,255N.
- Disolvente hexano, punto de ebullición 69 °C, libre de residuos.
- Solución de ácido nítrico al 60%.
- Alcohol al 96%.

3.3.4 Envases y embalajes

- Bolsas de polietileno de alta densidad.

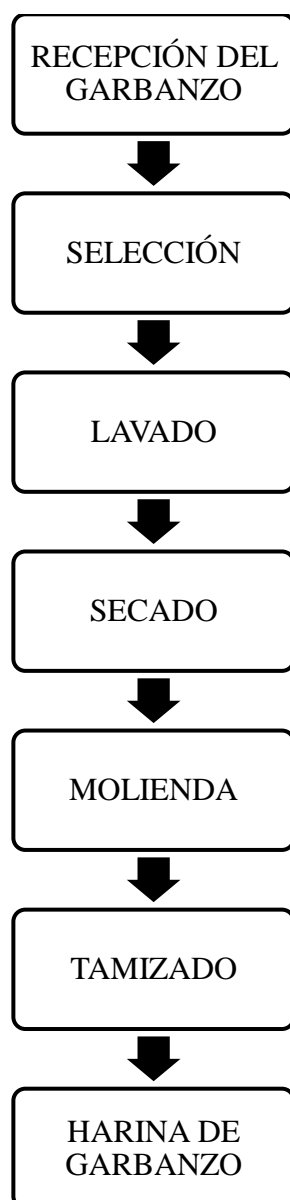
3.4 Metodología experimental

Para la elaboración de las galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango se siguieron los procedimientos que se indican a continuación.

3.4.1 Proceso de elaboración de la harina de garbanzo

Figura 3

Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de garbanzo



3.4.1.1 Procedimiento de elaboración

a) Recepción del garbanzo

En esta etapa se realizó una inspección visual de los granos de garbanzo, verificando que se encuentren en óptimas condiciones para ser procesada.

b) Selección

En esta etapa se identificaron y se eliminaron los granos de garbanzo en mal estado, además se eliminaron algunos objetos extraños que se encontraron presentes en el alimento como piedras, pajillas entre otros.

c) Lavado

Se realizó un lavado con abundante agua a los granos de garbanzo, con la finalidad de eliminar impurezas y suciedad.

d) Secado

Los granos de garbanzo luego de ser lavados, se colocaron esparcidos en una bandeja de aluminio, luego se secaron en un horno a una temperatura de 100 °C por 2 horas.

e) Molienda

Mediante el molino universal se trituraron los granos de garbanzo hasta ser convertidos en harina.

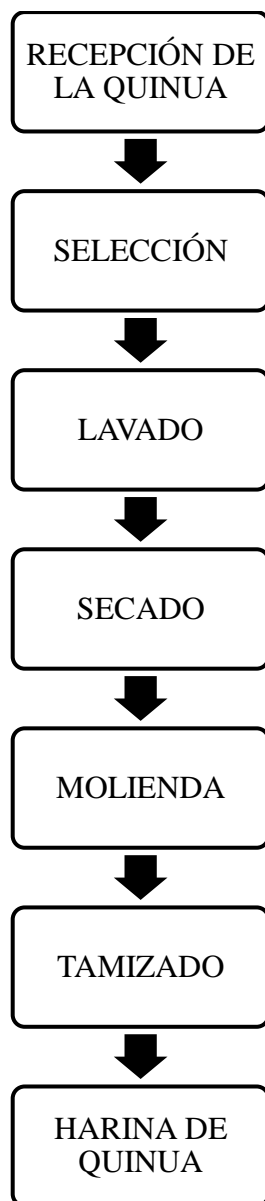
f) Tamizado

Se realizó un tamizado a la harina de garbanzo para retener las partículas de mayor tamaño.

3.4.2 Proceso de elaboración de harina de quinua

Figura 4

Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de quinua



3.4.2.1 Procedimiento de elaboración

a) Recepción de la quinua

En esta etapa se realizó una inspección visual de los granos de quinua, verificando que se encuentren en óptimas condiciones para ser procesada.

b) Selección

En esta etapa se identificaron y eliminaron los granos de quinua en mal estado, además se eliminaron algunos objetos extraños que se encontraron presentes en el alimento como piedras, pajillas entre otros.

c) Lavado

Se realizó un lavado por inmersión a los granos de quinua, con la finalidad de eliminar la saponina que es un componente de sabor amargo y también para eliminar impurezas o suciedad de este alimento.

d) Secado

Los granos de quinua luego de ser lavados, se colocaron esparcidos en una bandeja de aluminio para luego ser secados en un horno a una temperatura de 100 °C por 2 horas.

e) Molienda

Mediante el molino universal se trituraron los granos de quinua hasta convertirlos en harina.

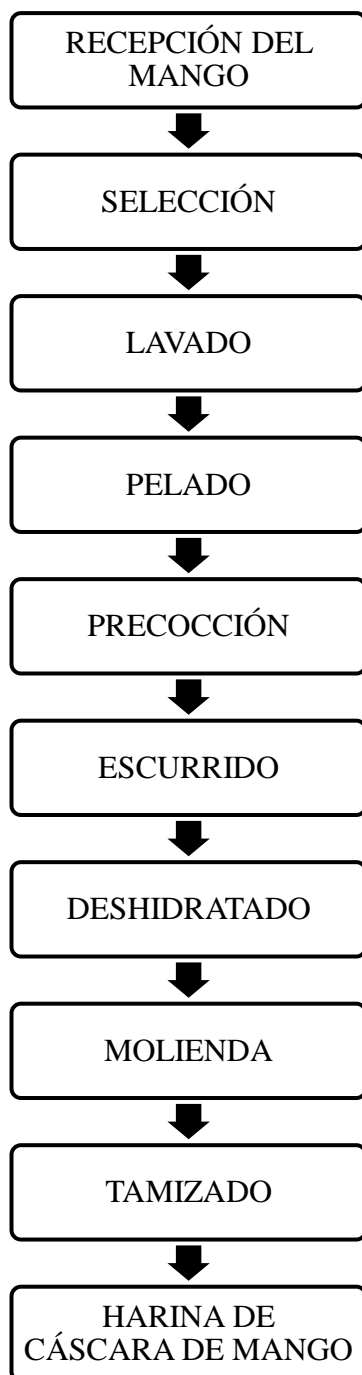
f) Tamizado

Posteriormente se realizó un tamizado a la harina de quinua para retener las partículas de mayor tamaño.

3.4.3 Proceso de elaboración de harina de cáscara de mango

Figura 5

Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de mango



3.4.3.1 Procedimiento de elaboración

a) Recepción del mango

En esta etapa se recepcionó el mango de variedad criollo de mejor calidad, realizando una evaluación visual y manual. Se verificó que el mango no tenga algún daño físico o microbiológico.

b) Selección

En esta etapa, se seleccionaron los mangos criollos con una madurez adecuada (Ni muy verdes y ni muy maduros), que puedan soportar todo el procesamiento. Además, se seleccionaron los mangos libres de daños físicos o biológicos que puedan alterar la integridad del alimento y que puedan llegar a ser un problema en la elaboración del producto.

c) Lavado

Se lavaron los mangos con abundante agua, con la finalidad de eliminar las impurezas y suciedad del alimento.

d) Pelado

Mediante un cuchillo se realizaron cortes longitudinales a la fruta y de forma manual se separaron las cáscaras de la pulpa. Los restos de pulpa que quedaron impregnados en la cáscara se separaron raspando con una cuchara.

e) Precocción

Se realizó una precocción a la cáscara de mango a una temperatura de 100 °C por 5 minutos según la metodología de Pérez et al. (2022), con la finalidad de reducir la actividad enzimática y microbiana. Además, para reducir los componentes amargos presentes en la cáscara.

f) Escurrido

La cáscara de mango se dejó escurrir por un tiempo de 60 minutos, con la finalidad de eliminar el agua superficial.

g) Deshidratado

Las cáscaras de mango se colocaron en el deshidratador de alimentos a una temperatura de 60 °C por 10 horas según la metodología de Pérez et al. (2022), con ligeras modificaciones con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de humedad presente y poder realizar la molienda.

h) Molienda

Luego de que se hayan deshidratado las cáscaras de mango, se realizó una molienda en el molino universal, con el fin de pulverizar el alimento y convertirlo en harina.

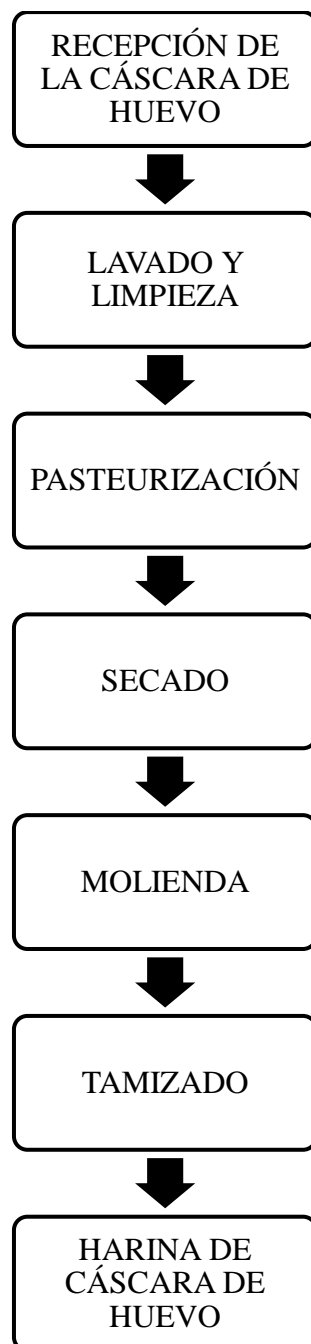
i) Tamizado

Con la ayuda de un tamiz menor a 150 micras, se dejó pasar las partículas de menor tamaño y se retuvieron los grumos formados por la humedad del ambiente.

3.4.4 Proceso de elaboración de harina de cáscara de huevo

Figura 6

Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de huevo



3.4.4.1 Procedimiento de elaboración

a) Recepción de la cáscara de huevo

Se recepcionó las cáscaras procedentes de huevos en buen estado, sin que el interior presente algún daño microbiológico. Además, las cáscaras no presentaron manchas extrañas o alteraciones de acuerdo con su naturaleza.

b) Lavado y limpieza

Se lavaron las cáscaras de huevo con abundante agua, eliminando los restos de la clara y yema. Luego de forma manual se desprendió la cutícula con mucho cuidado.

c) Pasteurización

Las cáscara de huevos lavadas, siguiendo la metodología de Pérez et al. (2018), se pasteurizaron a una temperatura de 92 °C por 3 minutos, con la finalidad de eliminar los microorganismos presentes, en especial la Salmonella.

d) Secado

En una bandeja se colocaron las cáscaras de huevo, para luego ser secadas en un microondas por un tiempo total de 3 minutos.

e) Molienda

Luego de que se hayan secado las cáscaras de huevos, se realizó una molienda en el molino universal.

f) Tamizado

Con la ayuda de un tamiz menor a 150 micras, se dejó pasar las partículas de menor tamaño y se retuvieron los grumos formados por la humedad del ambiente.

3.4.5 Determinación de formulaciones de las galletas libres de gluten

Se utilizó el diseño experimental comparativo (DCA), que consiste en establecer distintas formulaciones de materias primas como, harina de garbanzo, quinua, cáscara de mango y cáscara de huevo, con la finalidad de encontrar la concentración que proporcione mejor textura, características nutricionales y sensoriales de la galleta elaborada.

Figura 7

Diagrama de diseño experimental

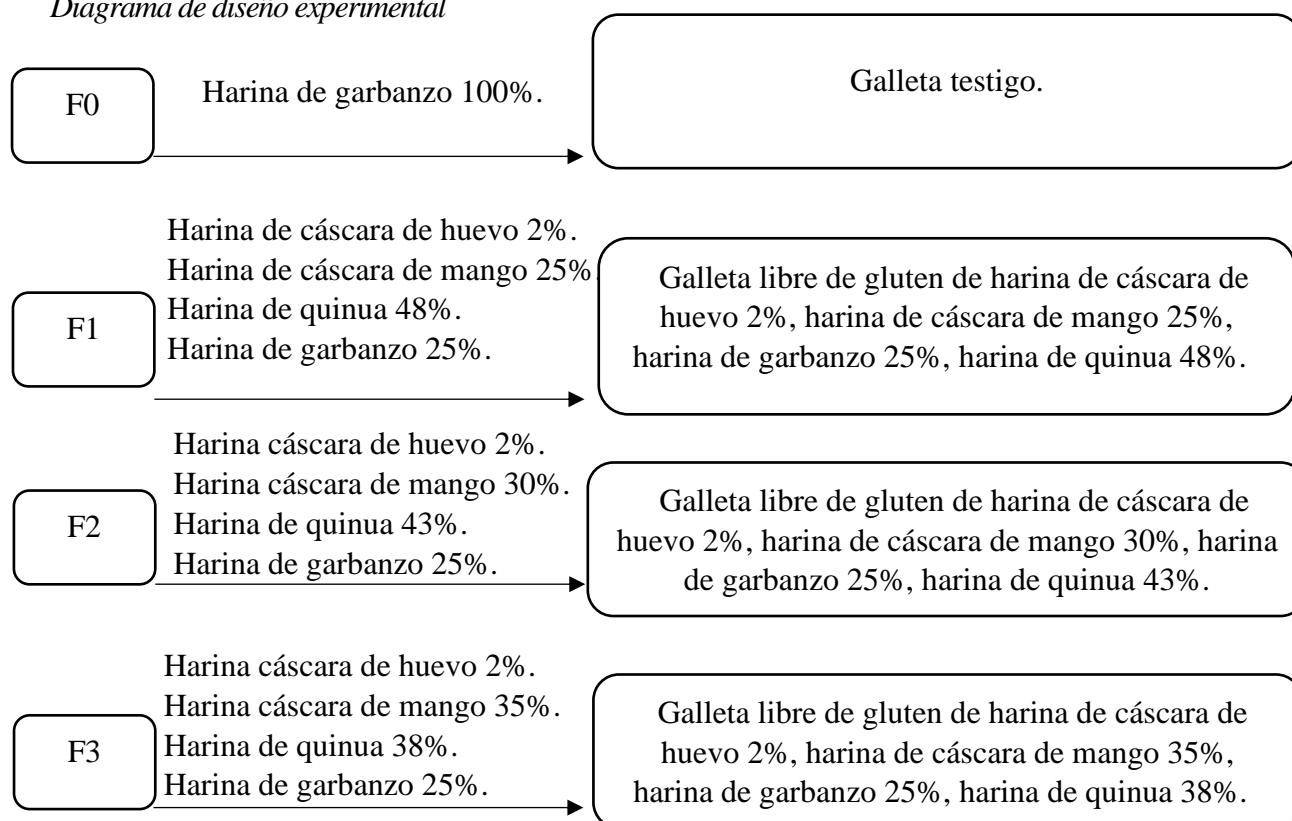


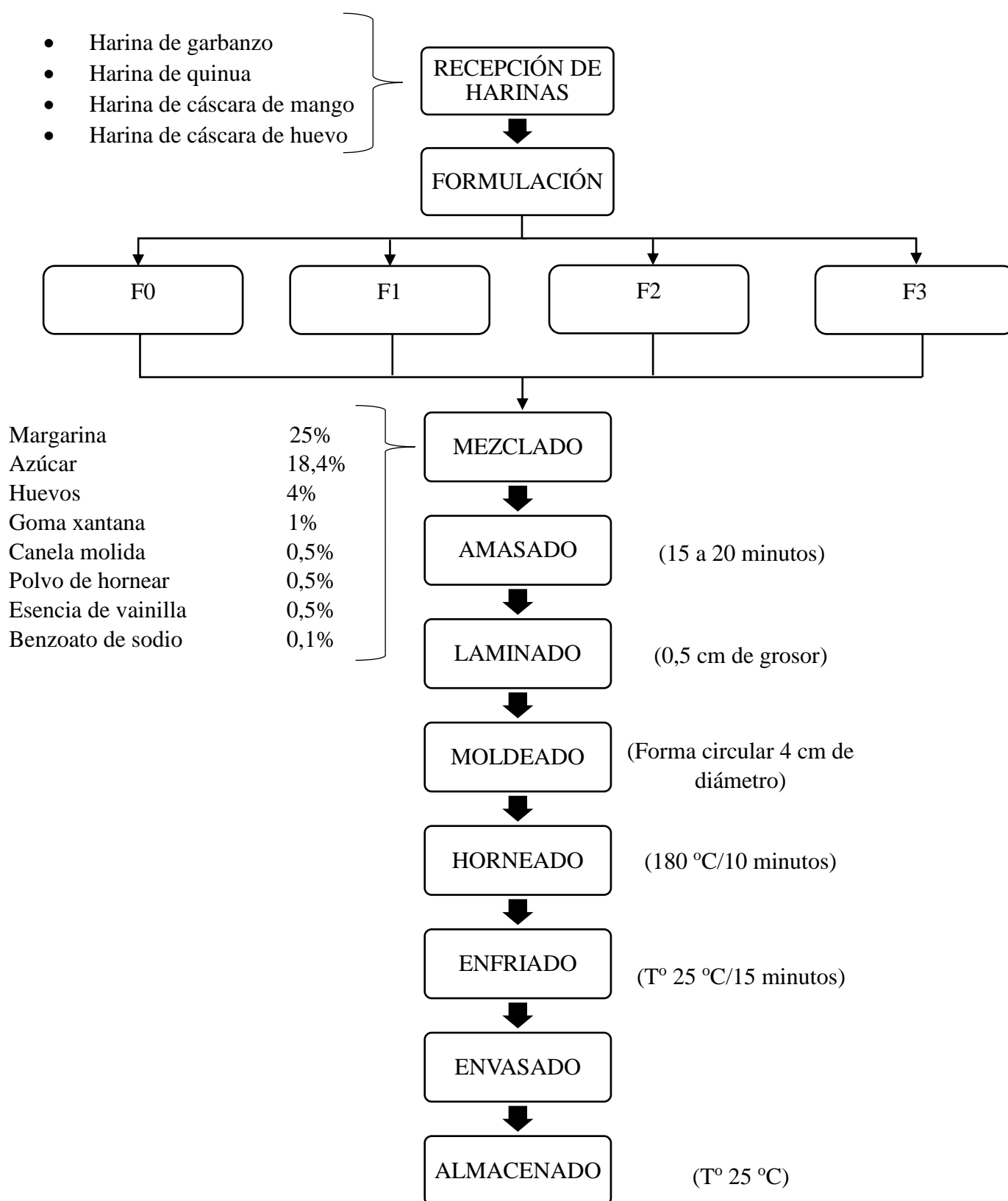
Tabla 20*Formulaciones de harinas empleadas expresadas en porcentaje*

Harinas	F0	F1	F2	F3
Harina de garbanzo	100	25	25	25
Harina de quinua	0	48	43	38
Harina de cáscara de huevo	0	2	2	2
Harina de cáscara de mango	0	25	30	35
Total	100	100	100	100

Tabla 21

Formulaciones de harinas e ingredientes empleados en la elaboración de la galleta expresados en porcentaje.

Harinas e Ingredientes	F0	F1	F2	F3
Harina de garbanzo	50	12,5	12,5	12,5
Harina de quinua	0	24	21,5	19
Harina de cáscara de huevo	0	1	1	1
Harina de cáscara de mango	0	12,5	15	17,5
Margarina	25	25	25	25
Azúcar	18,4	18,4	18,4	18,4
Goma xantana	1	1	1	1
Huevos	4	4	4	4
Polvo de hornear	0,5	0,5	0,5	0,5
Esencia de vainilla	0,5	0,5	0,5	0,5
Canela molida	0,5	0,5	0,5	0,5
Benzoato de sodio	0,1	0,1	0,1	0,1
TOTAL	100	100	100	100

Figura 8*Diagrama de flujo de las galletas libres de gluten*

3.4.5.1 Procedimiento de elaboración de las galletas libres de gluten

a) Recepción de harinas

Se recibieron las harinas de garbanzo, quinua, cáscara de huevo y cáscara de mango, y se verificaron que se encuentren en buen estado de conservación, sin presencia de algún objeto extraño o alguna alteración química o microbiológica.

b) Formulación

Se prepararon y se pesaron las cuatro formulaciones de harinas: F0 (harina de garbanzo 100%); F1 (Harina de garbanzo 25%, harina de quinua 48%, harina de cáscara de mango 25% y harina de cáscara de huevo 2%); F2 (harina de garbanzo 25%, harina de quinua 43%, harina de cáscara de mango 30%, harina de cáscara de huevo 2%) y F3 (harina de garbanzo 25%, harina de quinua 38%, harina de cáscara de mango 35%, harina de cáscara de huevo 2%).

c) Mezclado

Se realizó el mezclado de los ingredientes, primero batiendo los huevos junto con el azúcar, la margarina y la esencia de vainilla, hasta que hayan integrado completamente, luego se añadieron poco a poco las harinas, el polvo de hornear, la canela molida, la goma xantana y el benzoato de sodio previamente tamizados.

d) Amasado

Se realizó el amasado de forma manual por un tiempo de 15 a 20 minutos, hasta que todos los ingredientes se integraron completamente y se formó una masa compacta sin presencia de grumos.

e) Laminado

Con la ayuda de un rodillo se extendió la masa hasta obtener un espesor de 0,5 cm. Para evitar que se pegue la masa, se colocó un poco de harina en la mesa de amasado.

f) Moldeado

Luego de que se haya extendido la masa, con la ayuda de moldes circulares de 4 cm de diámetro se realizó el formado de las galletas.

g) Horneado

Se procedió a hornear las galletas a una temperatura de 180 °C por un tiempo de 10 minutos. Se voltearon las bandejas a mitad de tiempo con la finalidad de que exista un horneado uniforme.

h) Enfriado

Las galletas se enfriaron en sus mismas bandejas por un tiempo de 10 a 15 minutos a temperatura de 25 °C, esto se realizó antes del envasado, para evitar que las galletas ganen humedad y no proliferen los microorganismos.

i) Envasado

Las galletas libre de gluten, fueron envasadas en bolsas de polietileno de alta densidad, y posteriormente fueron selladas para evitar la absorción de humedad y proliferación microbiana.

j) Almacenado

Las galletas embolsadas se almacenaron a temperatura de 25 °C, en un lugar fresco, limpio y seco.

3.5 Métodos de análisis

3.5.1 Análisis de rendimiento

Para el análisis del rendimiento de galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango, se evaluaron los pesos de las materias primas, antes y después del procesamiento, con la finalidad de obtener el rendimiento.

Para calcular el rendimiento se tuvo en cuenta la fórmula que se muestra a continuación:

- Formula del rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100\%$$

3.5.2 Análisis químico proximal

Se llevó a cabo un análisis que comprendió la determinación de las características proximales y fisicoquímicas, así como la evaluación de 34 elementos químicos. Estos análisis se aplicaron tanto a las cuatro formulaciones de galletas sin gluten como a las materias primas empleadas en su elaboración. A continuación, se expone la metodología detallada que se siguió para llevar a cabo dichos análisis.

Tabla 22

Métodos de análisis proximal

Componentes	Método
Proteínas	AOAC 960.52 Micro – Kjeldahl.
Grasas	AOAC 960.39 Soxhlet.
Cenizas	AOAC 923.03 Calcinación.
Humedad	Equipo DAB KERN.
Carbohidratos	Método diferencial de la FAO.
Fibra total	Método AOAC ácidos y bases.
Valor calórico	Método Atwater.

3.5.2.1 Determinación de proteínas

Para la determinación de proteínas de las galletas, se realizó por el método AOAC 960.52 Micro Kjeldahl, el cual presenta tres etapas:

a) Digestión. Se degradó la muestra mediante la adición de ácido sulfúrico concentrado y catalizador de sulfato de cobre potásico (H_2SO_4), en un digestor que trabajó a 400 °C, transformando el nitrógeno en sulfato de amonio. La digestión acabó cuando las muestras presentaron una tonalidad de color verde brillante claro.

b) Destilación. Para esta etapa, se colocó la muestra digerida en el equipo de destilación Kjeldahl, el cual añade NaOH y provocó una reacción que convierte el amonio (NH_4^+) en amoníaco (NH_3). Posteriormente se destiló la solución y el nitrógeno fue atrapado en una solución de ácido bórico con indicador mixto Tashiro, pasando de una coloración morada a una coloración verde traslúcido.

c) Titulación. Se colocó cierta cantidad de HCl 0,1N en una bureta y se comenzó a titular la muestra, agitando constantemente la solución hasta observar el cambio de color de verde claro a gris.

Para el cálculo de la cantidad de proteínas de las galletas, se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(Vm - Vb) \times N_{HCl} \times 14 \times 100\%}{m} \rightarrow \%P = \%N \times F$$

Donde:

Vm = Volumen de muestra

$\%N$ = Porcentaje de nitrógeno

Vb = Volumen del blanco

$\%P$ = Porcentaje de proteína

N_{HCl} = Normalidad de HCl

F = Factor de conversión

m = Peso de muestra en mg

3.5.2.2 Determinación de grasas

Se determinó por el método AOAC 960.39 Soxhlet. El cual, mediante la utilización de un solvente, se puede atrapar todos los componentes lipídicos de la muestra. Para realizar este procedimiento, primero se pesó 10 g de muestra de galleta, luego fue colocado y amarrado en un papel filtro. Posteriormente se colocó la muestra en el sifón del aparato Soxhlet y se colocó un balón con el solvente a evaporar. El solvente se calentó, se volatilizó y luego se condensó; sumergiendo la muestra en el disolvente hasta que fue sifoneado hacia el balón, comenzando de nuevo con el proceso, realizando un total de 6 a 8 ciclos. Por último, el balón con grasa fue calentado en la estufa, eliminando todo el solvente por evaporación.

$$\%G = \frac{Pbf - Pb}{Pm} \times 100\%$$

Donde:

Pb = *Peso del balón vacío*

$\%G$ = *Porcentaje de grasa*

Pbf = *Peso del balón con grasa*

Pm = *Peso de muestra*

3.5.2.3 Determinación de cenizas

Las cenizas se determinaron por el método AOAC 923.03 calcinación, el cual se fundamenta en la degradación por altas temperaturas de todos los componentes de la muestra, excepto las cenizas. Se realizó pesando 5 g de muestra seca en una crisol y colocándolo en la mufla, a temperaturas de 550 °C por 5 horas. La fórmula se muestra a continuación:

$$\%Ce = \frac{Pcf - Pc}{Pm} \times 100\%$$

Donde:

Pcf = *Peso del crisol final*

$\%Ce$ = *Porcentaje de ceniza*

Pc = *Peso del crisol vacío*

Pm = *Peso de muestra*

3.5.2.4 Determinación de humedad

Esta determinación se fundamenta en la evaporación de la muestra, hasta obtener un peso constante. Se realizó utilizando el equipo, determinador de humedad DAB KERN, que determinó el porcentaje de humedad directamente.

3.5.2.5 Determinación de carbohidratos

Esta determinación se realizó mediante el método diferencial de la FAO, que indica que los carbohidratos se pueden calcular por diferencia, del 100% con los porcentajes de humedad, proteínas, grasas y cenizas. La fórmula se indica a continuación.

$$\%Ca = 100\% - (\%H + \%P + \%G + \%Ce)$$

3.5.2.6 Determinación de fibra

Este método se fundamenta en la digestión de la muestra por un ácido y una base. Para realizar este procedimiento se pesaron 2 g de muestra desgrasada en un vaso de precipitación, luego se añadió ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,255N y se colocó a ebullición por 30 minutos. Posteriormente en un matraz Kitasato se filtró la solución y se lavó con 80 ml de alcohol etílico. Luego se enjugó en un vaso precipitado con 250 ml de NaOH 0,313N, se colocó a ebullición por 30 minutos y se repitió el proceso. Por último, las partículas que quedaron en el papel filtro se añadieron a un crisol, luego fue llevado a la estufa a 105 °C por 12 h y luego a la mufla a 550 °C por 5 h. Se calculó la fibra por diferencia de peso.

$$\%Fibra = \frac{\text{Peso del residuo de la estufa} - \text{Peso del residuo de la mufla}}{\text{Peso muestra inicial}} * 100\%$$

3.5.2.7 Determinación del valor calórico

Se realizó por el método Atwater, el cual calcula las calorías por la siguiente fórmula:

$$\text{Calorías} = 4 \text{ Kcal/g} \times \text{Proteína} + 4 \text{ Kcal/g} \times \text{Carbohidrato} + 9 \text{ Kcal/g} \times \text{Grasa}$$

Tabla 23*Métodos de análisis fisicoquímico*

Análisis	Método
pH	AOAC 981.12 Potenciométrico.
Sólidos solubles (°Brix)	AOAC 931.12 Refractometría.
Acidez titulable (%)	AOAC 920.43 Titulación.

3.5.2.8 Determinación del pH

Se realizó mediante el método potenciométrico AOAC 981.12, el cual se fundamenta en la determinación del pH por el registro de la actividad de los iones hidrógenos, mediante un electrodo combinado. Para la determinación se pesaron 5 g de muestra, se mezcló con 45 ml de agua destilada en un vaso de precipitación y se realizó la medición en el medidor de pH grado investigación HANNA HI5522-01.

3.5.2.9 Determinación de los sólidos solubles

Se realizó por el método AOAC 931.12. Refractometría. Para la determinación se pesó 1 g de muestra y se diluyó con 9 ml de agua destilada. Se colocó la dilución en la base de medición del equipo refractómetro ATAGO Rx-5000x, obteniendo un resultado en porcentaje. Por último, el resultado se multiplica por 10.

3.5.2.10 Determinación de la acidez titulable

Se realizó por el método de AOAC 920.43. Titulación. El cual se fundamenta en la reacción de neutralización por un ácido y una base. Para la determinación se pesó 1 g de muestra y se añadió 9 ml de agua destilada en un matraz, luego en una bureta con NaOH 0,1N; se tituló hasta verificar el cambio de color. Luego se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Acidez\ titulable = \frac{Vg * N\ NaOH * F}{Pm} * 100\%$$

Donde:

Vg = Volumen de gasto. $\%F$ = Factor miliequivalente (0,282 ácido oleico).

$N\ NaOH$ = Normalidad del NaOH. Pm = Peso de muestra (1 g).

3.5.2.11 Cuantificación de elementos químicos

Se realizó la cuantificación de 10 minerales y otros 24 elementos químicos (metales, metaloides y no metales) mediante el método instrumental, utilizando la Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS, por sus siglas en inglés). Esta metodología permite un enfoque analítico que posibilita la medición de los elementos presentes en la tabla periódica.

3.5.3 Análisis de textura instrumental

Para este análisis se utilizó el texturómetro Brookfield modelo CT3 4500, el cual determina los siguientes parámetros:

a) Dureza (gF): Este parámetro está relacionado con la dureza de la muestra. Representa la fuerza máxima que la galleta puede soportar antes de romperse. Una carga máxima alta podría indicar una galleta más dura o resistente.

b) Fracturabilidad (mm): Este parámetro también está relacionado con la dureza y la fragilidad de la muestra. Indica cuánta deformación o compresión experimenta la galleta en el punto en que se alcanza la carga máxima. Una deformación mayor podría sugerir que la galleta es más frágil o se deforma más fácilmente bajo carga.

c) Resistencia a la deformación (mJ): El trabajo necesario para romper la galleta está relacionado con la fracturabilidad y la resistencia de la muestra. Cuanto mayor sea el trabajo, más energía se requiere para romper la galleta, lo que podría indicar una mayor fracturabilidad o resistencia a la fractura.

3.5.4 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de las galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango fueron realizados en el laboratorio MICROSERVILAB. Donde en la tabla 24 se observan los métodos de análisis que se realizaron a las cuatro proporciones de galletas.

Tabla 24

Métodos de análisis microbiológico

Microorganismos	Método
Mohos y levaduras	ICMSF
Escherichia coli	ICMSF
Estafilococos aureus	ICMSF
Salmonella sp	ICMSF
Bacillus	ICMSF

3.5.5 Evaluación sensorial

Para el análisis sensorial de las galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango, se realizaron encuestas a 30 panelistas semientrenados y no entrenados. Se evaluaron los atributos sensoriales como color sabor, olor, textura, apariencia de las cuatro formulaciones de galletas (F0, F1, F2 y F3), de acuerdo con una escala hedónica de 5 puntos que se muestra en la tabla 25.

Tabla 25*Escala hedónica*

Descripción	Puntaje
Me gusta mucho.	5
Me gusta poco.	4
Me es indiferente.	3
Me disgusta poco.	2
Me disgusta mucho.	1

3.5.6 Análisis estadístico

Los resultados de la evaluación sensorial de las galletas sin gluten, que contenían ingredientes como garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango, se sometieron a un análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia del 0,05%. Este análisis se empleó para comparar las variabilidades entre las medias de las distintas formulaciones de las galletas (F0, F1, F2 y F3). Asimismo, se aplicó la prueba de TUKEY con un intervalo de confianza del 95% para determinar las diferencias entre las muestras. Estos análisis se llevaron a cabo utilizando el programa STATGRAPHICS CENTURION, que posibilita una evaluación estadística exhaustiva y la presentación adecuada de los datos a través de tablas y gráficos.

Para el planteamiento de la hipótesis se tendrá en cuenta lo siguiente:

H_0 : No existe diferencia significativa entre las formulaciones.

H_1 : Si existe diferencia significativa entre las formulaciones.

Si, $\text{Alpha} > \text{p Value}$: Si existe diferencia significativa entre las formulaciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Determinación de rendimiento

4.1.1 Determinación del rendimiento de las materias primas

En la tabla 26 se muestra los resultados del rendimiento de las materias primas empleadas para la elaboración de las galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango. Teniendo como resultado que el rendimiento de la harina de cáscara de huevo fue del 87,67%, siendo un resultado similar al obtenido por Acho (2019), el cual tuvo un porcentaje de rendimiento del 85%.

Por otro lado, se obtuvo un rendimiento de cáscara mango del 12,40% y se obtuvo un porcentaje de harina con respecto a la cáscara de mango del 19,36%. Estos resultados fueron similares al obtenido por Artica (2008), el cual tuvo un rendimiento de cáscara de mango criollo del 12,34% y de harina un rendimiento del 24,78%.

Tabla 26

Rendimiento de las materias primas

Materia prima	Peso	Rendimiento
Cáscara de huevo	Peso inicial: 100 g. de cáscara de huevo. Peso final: 87,67 g. harina de cáscara de huevo.	Rendimiento total: 87,67%.
Cáscara de mango	Peso del mango inicial: 10053 g. Peso de la cáscara de mango: 1247 g. Peso de harina: 241,44 g.	Rendimiento de la cáscara: 12,40%. Rendimiento de la harina con respecto a la cáscara: 19,36%. Rendimiento total: 2,40%.
Quinua	Peso inicial: 350 g de quinua. Peso final: 331,17 g de harina.	Rendimiento total: 94,62%.
Garbanzo	Peso inicial: 250 g de garbanzo. Peso final: 239,25 g de harina.	Rendimiento total: 95,7%.

Así mismo, en la tabla 26 se muestran los resultados del rendimiento de la harina de quinua y harina de garbanzo con cantidades de 94,62 y 95,7% respectivamente. Datos similares al obtenido por Romo et al. (2006), que tuvo un rendimiento de harina de quinua del 95,72%.

4.1.2 Determinación del rendimiento de las galletas

Tabla 27

Rendimiento de las galletas libre de gluten

Formulación	Pesos y medidas	Rendimientos
F0	Peso de harina e insumos: 500 g. Peso total final: 432 g. Peso de galleta final: 6 g. Diámetro de galleta: 4 cm.	Rendimiento total: 86,4%. Cantidad de galletas: 72.
F1	Peso de harina e insumos: 500 g. Peso total final: 415 g. Peso de galleta final: 6 g. Diámetro de galleta: 4 cm.	Rendimiento total: 83,0%. Cantidad de galletas: 69.
F2	Peso de harina e insumos: 500 g. Peso total final: 441 g. Peso de galleta final: 6 g. Diámetro de galleta: 4 cm.	Rendimiento total: 88,2%. Cantidad de galletas: 73.
F3	Peso de harina e insumos: 500 g. Peso total final: 411 g. Peso de galleta final: 6 g. Diámetro de galleta: 4 cm.	Rendimiento total: 82,2%. Cantidad de galletas: 68.

En la tabla 27 se muestran los rendimientos de las galletas libre de gluten, tomando en cuenta todas las materias primas empleadas para su elaboración. Estos rendimientos estuvieron en un rango de 82 a 88%, siendo estos resultados óptimos, ya que Martínez (2011) menciona que en la elaboración de galletas usualmente el rendimiento total es del 84%, sin embargo, este porcentaje puede variar de acuerdo con el tipo de galleta, materia prima o maquinaria empleada.

Además, Puntivero et al. (2020) menciona que las galletas deben tener un peso de 5 a 25 g y con respecto a las formulaciones que se observan en la tabla 27 presentaron un peso de 6 g, estando estos resultados dentro del rango que indica el autor.

4.2 Resultado de la composición químico-proximal de las materias primas

Se realizó un análisis integral que incluyó la determinación de las características proximales y fisicoquímicas, así como la evaluación de 34 elementos químicos. Los resultados se muestran a continuación:

4.2.1 Resultado de la composición proximal de las materias primas

En la tabla 28, se muestran los resultados del análisis nutricional realizado a las materias primas, que se utilizaron para la elaboración de las galletas libres de gluten. El cual se puede observar que, en la harina de quinua y harina de garbanzo, los componentes mayoritarios fueron los carbohidratos y las proteínas. En el caso de la cáscara de mango, tuvo un mayor contenido de carbohidratos y fibra cruda; y con respecto a la cáscara de huevo, tuvo un gran porcentaje de cenizas.

Tabla 28

Composición nutricional de las materias primas

Componentes	Harina de garbanzo	Harina de quinua	Harina de cáscara de mango	Harina de cáscara de huevo
Proteína (%)	17,35	20,30	05,13	02,29
Grasa (%)	06,10	05,98	02,93	00,00
Ceniza (%)	04,17	03,97	05,16	95,90
Carbohidratos (%)	62,25	63,38	78,71	00,00
Humedad (%)	10,13	06,37	08,07	01,81
Fibra cruda (%)	03,45	02,18	15,39	00,00
Valor calórico (Kcal)	373,30	388,54	361,73	09,16

Según indica las NTP 011.451 (2013), la harina de quinua debe presentar un porcentaje de humedad máximo de 13,5%, proteínas mínimo de 10%, fibra cruda mínimo de 1,7% y ceniza mínimo de 3%. Con respecto a los resultados del análisis nutricional realizado a la harina de

quinua, los valores de proteína, grasa, ceniza, humedad y fibra cruda, están dentro del límite que indica la norma, por lo que la harina de quinua analizada presentó valores óptimos.

También Lara (2016) realizó un análisis nutricional a la harina de garbanzo. Presentando una humedad de 10,58%, proteína de 19,99%, grasa de 6,10%, ceniza de 3,61% y fibra de 1,05%. Con respecto a los resultados del análisis realizado a la harina de garbanzo, se obtuvo porcentajes similares al que analizó el autor, especialmente en el contenido de grasa (6,10%), humedad (10,13%) y ceniza (4,17%).

Así mismo Jibaja (2014), realizó un análisis nutricional a la harina de cáscara de mango criollo, cuyos resultados fueron los siguientes: humedad de 16,88%, grasas 1,99%, proteína 5,44%, fibra cruda 11,20% y cenizas 2,84%. En comparación con nuestros resultados, se puede observar porcentajes similares al del autor, principalmente en el contenido de proteínas (5,13%) y grasas (2,93%). Sin embargo, en el contenido de humedad el autor obtuvo un porcentaje relativamente alto de 16,88%, en comparación al resultado del análisis obtenido, cuyo porcentaje de humedad fue de 8,07%.

Además, Pérez et al. (2018) realizó un análisis nutricional a la harina de cáscara de huevo; presentando un contenido de humedad de 0,64% y cenizas de 94,5%. Con respecto a los resultados que se obtuvieron al analizar la harina de cáscara de huevo, se obtuvo un porcentaje ligeramente mayor de humedad (1,81%) y ceniza (95,90%).

4.2.2 Resultado del análisis fisicoquímico de las materias primas

En la tabla 29 se observan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado a las materias primas, donde la harina de cáscara de mango presentó un mayor contenido de sólidos solubles (58,20 °Brix) y mayor contenido de acidez titulable (0,952%), y la harina de cáscara de huevo fue la que presentó mayor pH (9,370).

Tabla 29

Análisis fisicoquímico de las materias primas

Componentes	Harina de garbanzo	Harina de quinua	Harina de cáscara de mango	Harina de cáscara de huevo
Sólidos solubles (°Brix)	5,60	2,30	58,20	00,00
pH	6,775	6,398	4,687	9,370
Acidez titulable (%)	0,1551	0,098	0,952	00,00

Según indica Mokni et al. (2015) realizó un análisis de pH y sólidos solubles, a dos variedades de harina de garbanzo procedente de Túnez, cuyos resultados fueron que la variedad Kabuli presentó un pH de 6,48 y sólidos solubles de 3,05 °Brix; y la variedad Desi presentó un pH de 6,36 y sólidos solubles de 2,1 °Brix. Con respecto a los resultados obtenidos al analizar la harina de garbanzo variedad Kabuli, se obtuvo un pH de 6,775 y un sólidos solubles de 5,6 °Brix, siendo el resultado de pH similar al indicado por el autor, sin embargo, los °Brix fueron mayor, lo que indicaría que la procedencia del garbanzo influye en la cantidad de sólidos solubles.

Además, las NTP 011.451 (2013) indican que la harina de quinua debe presentar un porcentaje de acidez titulable del 1% expresado en ácido oleico. Con respecto al resultado obtenido del análisis a la harina de quinua se obtuvo un porcentaje de acidez del 0,098%, estando el resultado dentro del límite que indica la norma. Además, AVECILLAS (2015) analizó el pH de la harina de quinua obteniendo un valor de 6,82, siendo un resultado óptimo, ya que un valor inferior al 6,1 significa la posible presencia de sustancias cloradas. Con respecto a la harina de quinua analizada, se obtuvo un pH de 6,398, estando dentro del límite que indica el autor.

Por otro lado, PÉREZ et al. (2022) realizó un análisis de los sólidos solubles totales a la harina de cáscara de mango, obteniendo como resultado 40,08 °Brix. En comparación con los resultados obtenidos al analizar la harina de cáscara de mango variedad criollo, se obtuvo 58,20 °Brix, siendo un resultado mayor al indicado por el autor. Esto se debe a que se utilizó un mango con mayor madurez, presentando un contenido mayor de azúcares en toda la fruta, incluida la cáscara.

En un estudio realizado por PÉREZ et al. (2018), donde analizó el pH de varias muestras de yogurt con la adición de diferentes proporciones de harina de cáscara de huevo, tuvo como resultado que la adición del 0,46% aumentó el pH del yogurt significativamente de 4,45 a 4,97; por lo que se consideró que el pH de la harina de cáscara es mayor a 7. En comparación con los resultados obtenidos del análisis a la harina de cáscara de huevo, se obtuvo un pH básico de 9,370, por lo que este resultado coincide con lo indicado por el autor.

4.2.3 Resultado del análisis de minerales y otros elementos químicos (metales, no metales y metaloides)

El desarrollo de estos análisis se muestra en la tabla 30, la misma que ha sido segregada según la clasificación de la tabla periódica para un mejor entendimiento.

Tabla 30

Relación de minerales y otros elementos químicos presentes en la cáscara de mango y huevo.

Clasificación	Elementos	Símbolo	Cáscara de mango (mg/100 g)	Cáscara de huevo (mg/100 g)
Minerales	Calcio	Ca	2019,1	10531,12
	Cobre	Cu	1,06	<LCM
	Hierro	Fe	10,53	<LCM
	Potasio	K	1753,01	437,98
	Magnesio	Mg	254,67	258,9
	Manganeso	Mn	1,79	0,04
	Sodio	Na	756,34	51,23
	Zinc	Zn	5,76	<LCM
	Fósforo	P	432,8	3,08
Metal	Selenio	Se	<LCM	<LCM
	Plata	Ag	<LCM	<LCM
	Aluminio	Al	4,51	<LCM
	Bario	Ba	1,89	0,43
	Berilio	Be	<LCM	<LCM
	Bismuto	Bi	<LCM	<LCM
	Cadmio	Cd	<LCM	<LCM
	Cerio	Ce	<LCM	<LCM
	Cobalto	Co	0,01	<LCM
	Cromo	Cr	0,03	<LCM
	Litio	Li	<LCM	<LCM
	Molibdeno	Mo	0,11	<LCM
	Níquel	Ni	0,13	<LCM
	Estaño	Sn	<LCM	<LCM
	Estroncio	Sr	4,56	14,39
	Titanio	Ti	0,02	<LCM
	Talio	Tl	<LCM	<LCM
	Uranio	U	<LCM	<LCM
	Vanadio	V	<LCM	<LCM
Metaloide	Antimonio	Sb	<LCM	<LCM
	Silicio	Si	31,11	2,83
	Arsénico	As	<LCM	<LCM
	Boro	B	2,67	1,04
No metal	Azufre	S	162,34	124,65
	Óxido de silicio	SiO ₂	63,01	5,99

Al analizar el contenido de calcio de las cáscaras de huevo y mango, se observa una marcada diferencia. La cáscara de huevo destacó por su alto contenido, registrando una concentración de 10531,12 mg/100 g y la cáscara de mango presentó un contenido de 2019,1 mg/100 g. Esto en relación con la ingesta diaria requerida en una persona de 19 a 51 años, que necesita 1000 mg/día (DerSarkissian, 2022).

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar fuentes alimenticias variadas para obtener una gama completa de nutrientes esenciales en la dieta. Mientras que la cáscara de huevo es una fuente excepcional de calcio, la cáscara de mango aporta otros nutrientes igualmente vitales para una nutrición equilibrada

Según indica Pérez et al. (2018) la cantidad promedio de calcio en la cáscara de huevo es de 36,7 g/100 g, con respecto a los resultados obtenidos se presentó la cantidad de 10,53 g/100 g de calcio lo que representa casi la tercera parte de lo mencionado por el autor. Esta diferencia puede deberse a varios factores como la procedencia del huevo, la metodología aplicada o el analista que realizó la cuantificación.

4.3 Resultado del análisis químico-proximal de las galletas

4.3.1 Resultado del análisis proximal de las galletas

Se realizó la evaluación proximal de las galletas sin gluten. Observando que las formulaciones (F1, F2 y F3) presentaron mayor contenido de proteínas, humedad, cenizas y fibra. Sin embargo, la muestra F0 presentó un mayor contenido de grasas, carbohidratos y valor calórico. Estos resultados se pueden observar en la tabla 31.

Tabla 31

Resultado de análisis proximal en 100 g de galleta

Componentes	F0	F1	F2	F3
Proteínas (%)	12,35	15,09	14,77	13,34
Grasas (%)	18,45	17,99	17,91	17,83
Cenizas (%)	2,91	3,31	3,47	3,64
Humedad (%)	0,84	1,48	1,02	0,95
Carbohidratos (%)	65,45	62,13	62,83	64,24
Fibra cruda (%)	1,725	3,155	3,315	3,599
Valor calórico (Kcal)	477,25	470,79	471,59	470,79

Según indica la NTP 206.001 (2016). Panadería, Pastelería y Galletería. Galletas. Requisitos. El contenido máximo de humedad de una galleta es del 12%. En el caso de los resultados obtenidos, las formulaciones presentaron una humedad que varía de 0,84 a 1,48%, siendo valores de humedad óptimos, ya que están dentro del rango que indica las NTP.

Por otro lado, Silva (2021), realizó galletas de garbanzo y analizó proteínas, cenizas, fibra, grasas y carbohidratos, teniendo como resultado un 10,3; 2,89; 2,63; 13,5 y 65,5% respectivamente. Estos valores fueron cercanos al análisis nutricional realizado a la galleta a base de garbanzo (F0), especialmente en el contenido de proteína (12,35%), ceniza (2,91%) y carbohidratos (65,45%).

Además, Silva (2021) también realizó galletas con el 100% de harina de quinua y analizó el contenido de proteínas, cuyo resultado fue del 11,50%. En comparación con nuestros resultados, las formulaciones F1, F2 y F3 con un contenido de harina de quinua de 24; 21,5 y 19%, presentaron un porcentaje de proteínas mayor al de la autora con 15,09; 14,77 y 13,34% respectivamente.

Según en un estudio realizado por Cedeño y Zambrano (2014), analizó la composición nutricional de la harina de cáscara de mango, teniendo como resultado un alto valor de fibra cruda con 12,5%. Este alto contenido de fibra se vio expresado en las formulaciones F1, F2 y F3, que presentaron un contenido de harina de cáscara de mango de 12,5; 15 y 17,5% y contenido de fibra de 3,155; 3,315 y 3,599% respectivamente, en comparación con la formulación F0 que no presentó harina de cáscara de mango y tuvo un contenido menor de fibra cruda con 1,725%.

Por otro lado, según indica Pérez et al. (2018), en su proyecto donde analizó el contenido de ceniza de la cáscara de huevo, tuvo como resultado un porcentaje del 94,5%. En comparación con los resultados obtenidos, se observa un mayor contenido de cenizas en las formulaciones F1, F2 y F3, donde se le adicionó un porcentaje de harina de cáscara de huevo del 1%, en comparación con la formulación F0 que no presentó harina de cáscara de huevo y presentó menor contenido de cenizas de 2,91%.

4.3.2 Resultado del análisis fisicoquímico de las galletas

Tabla 32

Resultados de análisis fisicoquímico

Componentes	F0	F1	F2	F3
Sólidos solubles (°Brix)	19,50	22,50	23,10	23,50
pH	7,085	6,541	6,336	6,067
Acidez titulable (%)	0,085	0,31	0,35	0,33

En la tabla 32 se puede apreciar los valores de pH, acidez y sólidos solubles que se obtuvieron al analizar las 4 formulaciones de galletas, en donde se puede apreciar que las formulaciones F1, F2 y F3 presentaron valores más bajos de pH y acidez; y valores más altos de sólidos solubles. Según Hernández et al (2017) evaluó el pH de galletas con inclusión del 10 y 20 % de harina de cáscara de mango, teniendo como resultado unos valores de 5,347 y 5,133 respectivamente, en comparación con una galleta salada comercial que tuvo un pH de 7,15. Con respecto a las formulaciones F1, F2 y F3, se obtuvieron un pH de 6,541; 6,336 y 6,067 respectivamente, que están en relación con la cantidad de harina de cáscara de mango adicionada de 12,5; 15 y 17,5%. Teniendo como resultado que la inclusión de harina de cáscara de mango influye en el pH de las galletas.

Además, según indica Peralta y Cáceres (2021) las galletas deben tener un contenido de sólidos solubles de 17 a 24 °Brix, ya que, en productos de panadería, el contenido de azúcar es un gran influyente en el sabor. En cuanto a nuestros resultados se obtuvo valores de sólidos solubles que van desde 19,5 a 23,5 °Brix por lo que nuestros resultados están en el rango que indica el autor.

4.3.3 Resultado del análisis de minerales y otros elementos químicos (metales, no metales y metaloides)

Estos análisis se realizaron a las 4 formulaciones y se puede observar en la tabla 33, donde ha sido segregada según la clasificación de la tabla periódica.

Tabla 33

Análisis de minerales y otros elementos químicos (metales, metaloides y no metales)

Clasificación	Elemento	Símbolo	F3 (mg/100 g)	F2 (mg/100 g)	F1 (mg/100 g)	F0 (mg/100 g)
Minerales	Calcio	Ca	689,62	596,075	502,525	156,701
	Cobre	Cu	0,455	0,5025	0,55	0,85
	Hierro	Fe	5,83	4,89	3,95	4,55
	Potasio	K	682,76	643,197	603,63	698,96
	Magnesio	Mg	92,045	92,7375	93,43	106,835
	Manganeso	Mn	1,365	1,3875	1,41	0,98
	Sodio	Na	310,98	358,66	406,35	450,78
	Zinc	Zn	1,725	1,7425	1,76	1,065
	Fósforo	P	197,93	246,2525	294,575	322,595
Metales	Selenio	Se	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Plata	Ag	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Aluminio	Al	1,89	1,815	1,74	1,95
	Bario	Ba	0,235	0,23	0,225	0,19
	Berilio	Be	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Bismuto	Bi	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Cadmio	Cd	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Cerio	Ce	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Cobalto	Co	0,02	0,02	0,02	0,015
	Cromo	Cr	0,02	0,0275	0,035	0,04
	Litio	Li	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Molibdeno	Mo	0,085	0,0625	0,04	0,025
	Níquel	Ni	0,04	<LCM	<LCM	<LCM
	Estaño	Sn	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Estroncio	Sr	1,635	1,39	1,145	1,74
	Titanio	Ti	0,02	0,02	0,02	0,005
	Talio	Tl	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Uranio	U	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Vanadio	V	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Metaloides	Antimonio	Sb	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Silicio	Si	13,04	11,23	9,42	13,885
	Arsénico	As	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Boro	B	1,93	1,705	1,48	1,27
No metales	Azufre	S	67,57	50,6425	33,715	42,095
	Óxido de silicio	SiO ₂	27,895	24,0225	20,15	21,225

En la tabla 33 se evidencia que todos los componentes analizados se encuentran dentro de los Índices Diarios Requeridos (IDR) para adultos mayores de 19 años, según los autores que se mencionan en la tabla 19. Estos elementos incluyen calcio, magnesio, potasio, fósforo y otros, que son componentes esenciales para la salud y el funcionamiento adecuado del organismo. Este hallazgo sugiere que el consumo de cualquiera de las formulaciones de galletas evaluadas proporciona una fuente significativa de estos nutrientes esenciales en la dieta diaria de adultos, contribuyendo así a mantener un equilibrio nutricional adecuado. La disponibilidad de estos nutrientes en las formulaciones es un factor positivo para considerar al evaluar la calidad nutricional de las galletas y su contribución a la salud general.

En el análisis de los minerales, se destaca que la formulación F3 presenta mayor concentración de calcio (689,625 mg/100 g), además este resultado no sobrepasa el Índice Diario Requerido (IDR) que es 1000 mg/día (que se menciona en la tabla 19). Comparando estos resultados con los de Shahnila et al. (2022) que elaboró galletas con adición de cáscara de huevo y obtuvo valores de 1054 a 3843 mg/ 100 g, se comprobó que los valores de dicho autor son muy elevados, ya que sobrepasan el IDR.

Estos hallazgos subrayan la variabilidad significativa en la composición nutricional entre las formulaciones de galletas, con la formulación F3 destacando por su mayor contenido de varios minerales esenciales. Estos datos son de interés para los consumidores que buscan un mayor aporte de estos nutrientes en su dieta.

4.4 Resultado del análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron a las 4 formulaciones de galletas, siendo enviados al laboratorio MICROSERVILAB, el cual presentó los resultados que se muestra en la tabla 34.

Tabla 34

Métodos de análisis microbiológico

Microorganismos	F0	F1	F2	F3
Mohos y levaduras	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Escherichia coli	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Estafilococos aureus	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Salmonella sp	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g
Bacillus cereus	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g

Según la NTP 206.001 (2018) sobre los requisitos en productos de panadería, pastelería y galletería, indica que los límites permisibles para mohos y levaduras son de 10^2 a 10^3 UFC/g, para Escherichia coli son de 10 a 20 UFC/g, Estafilococos aureus de 10 a 10^2 UFC/g, Salmonella sp ausencia en 25 g y Bacillus cereus de 10^2 a 10^4 UFC/g. Siendo las 4 formulaciones elaboradas aptas para el consumo humano, ya que cumplen con los requisitos indicados por la NTP.

4.5. Resultado de la determinación de textura instrumental

La textura instrumental tiene implicaciones significativas en la percepción del consumidor sobre la calidad del producto. Las galletas más resistentes podrían ofrecer una experiencia de mordida más satisfactoria, mientras que aquellas que requieren menos energía para romperse podrían percibirse como más crujientes o delicadas. Es importante tener en cuenta que la percepción de calidad y aceptabilidad de las galletas puede variar significativamente entre los consumidores debido a sus preferencias personales. Lo que uno considera una textura deseable puede diferir de la opinión de otra persona. En consecuencia, la interpretación de los parámetros analizados puede ser ambigua en términos de su impacto en la aceptabilidad del producto, ya que depende en gran medida de las preferencias individuales.

En la tabla 35, 36, 37 y 38 se presentan los resultados obtenidos mediante el análisis de textura instrumental para la formulación 0, 1, 2 y 3, donde se registraron tres parámetros importantes: dureza (Peak load) en gramos fuerza (gF), fracturabilidad (Deaf peak) en milímetros (mm) y resistencia a la deformación (work) en milijulios (mJ).

Al evaluar las formulaciones se comprobó que la F0, F2 y F3 presentan valores de dureza (661,48; 930,25 y 644,33 gF) y fracturabilidad (3,37; 3,18 y 3,50 mm) similares, en comparación con la formulación F1 que presentó una dureza y fracturabilidad de 2254,42 gF y 1,17 mm respectivamente. Comparando estos resultados con Soler et al. (2017) que analizó la textura instrumental en galletas de trigo, sorgo y frijol, obtuvo resultados promedios de dureza de 981 gF, siendo una galleta resistente y no tan frágil.

Tabla 35*Resultados obtenidos del texturómetro de la F0*

F0	Dureza (gF)	Fracturabilidad (mm)	Resistencia a la deformación (mJ)
M1	685,0	3,40	25,60
M2	625,0	2,70	22,67
M3	593,5	3,00	21,29
M4	543,8	4,30	25,06
M5	691,8	3,50	14,27
M6	829,8	3,30	17,79
Promedio	661,48	3,37	21,11

Tabla 36*Resultados obtenidos del texturómetro de la F1*

F1	Dureza (gF)	Fracturabilidad (mm)	Resistencia a la deformación (mJ)
M1	3488,5	0,8	8,67
M2	3255	1	10,27
M3	1707,5	1,1	19,18
M4	1536,5	1,3	13,99
M5	2038,5	1,7	23,88
M6	1500,5	1,1	14,56
Promedio	2254,42	1,17	15,09

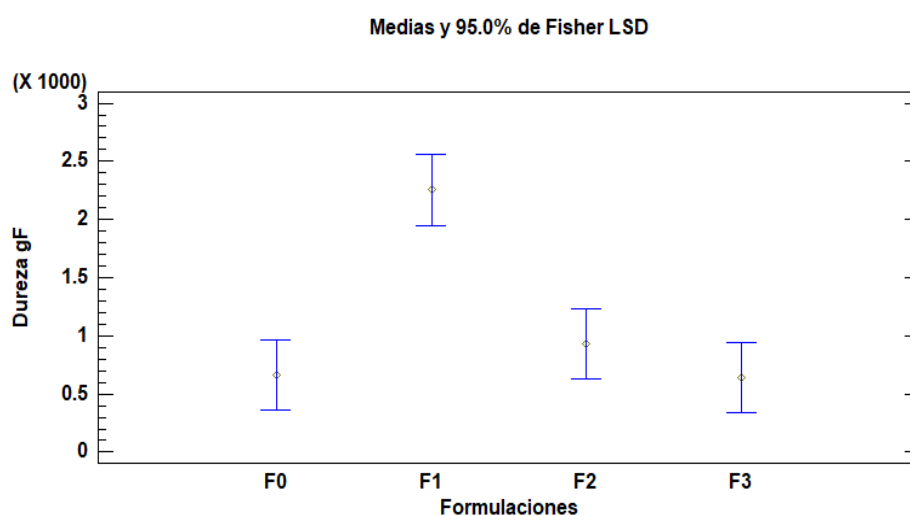
Tabla 37*Resultados obtenidos del texturómetro de la F2*

F2	Dureza (gF)	Fracturabilidad (mm)	Resistencia a la deformación (mJ)
M1	772,5	3,2	27,71
M2	842	2,6	24,91
M3	706,5	3,2	22,35
M4	640,5	4,1	23,97
M5	1129	3,4	14,04
M6	1491	2,6	16,06
Promedio	930,25	3,18	21,51

Tabla 38*Resultados obtenidos del texturómetro de la F3*

F3	Dureza (gF)	Fracturabilidad (mm)	Resistencia a la deformación (mJ)
M1	697,5	3,5	22,6
M2	608	2,8	20,43
M3	730,5	2,7	20,23
M4	707	4,5	26,14
M5	454,5	3,6	14,5
M6	668,5	3,9	19,51
Promedio	644,33	3,50	20,57

En la figura 9 se muestra un gráfico de Tukey que compara las diferentes formulaciones en términos de la variable de dureza. Los resultados indican que la formulación 1 se diferencia notoriamente de las otras muestras, ya que presentó una carga máxima del texturómetro considerablemente mayor, registrando una media de 2254,42 gF, en contraste con las otras formulaciones (F3=644,333 gf, F0=661,483 gf y F2=930,25 gf), las cuales presentaron medias de dureza bastante similares.

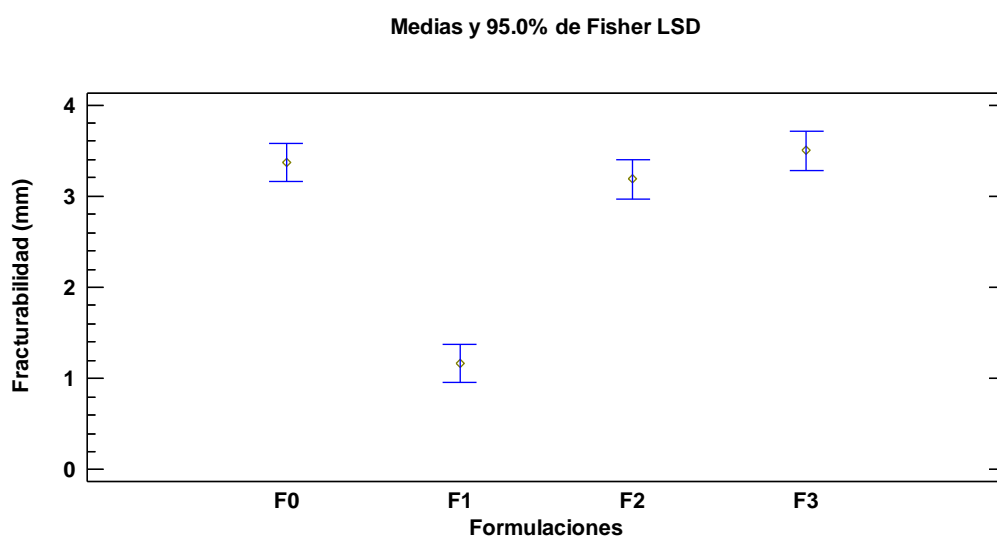
Figura 9*Gráfica Tukey para la variable de dureza con un intervalo del 95%*

En lo que respecta al parámetro de fracturabilidad, los datos muestran que la formulación 1 obtuvo una media de 1,17 mm. En contraste, las otras formulaciones (F3=3,5 mm, F0=3,37 mm y F2=3,18 mm) exhibieron medias de fracturabilidad que se mantuvieron en rangos cercanos y notablemente similares entre sí.

Este resultado pone de manifiesto una diferencia marcada en términos de fracturabilidad entre la F1 y las otras formulaciones evaluadas. La F1 presentó una mayor resistencia a la fractura, lo que se refleja en su menor valor de fracturabilidad en comparación con las demás muestras.

Figura 10

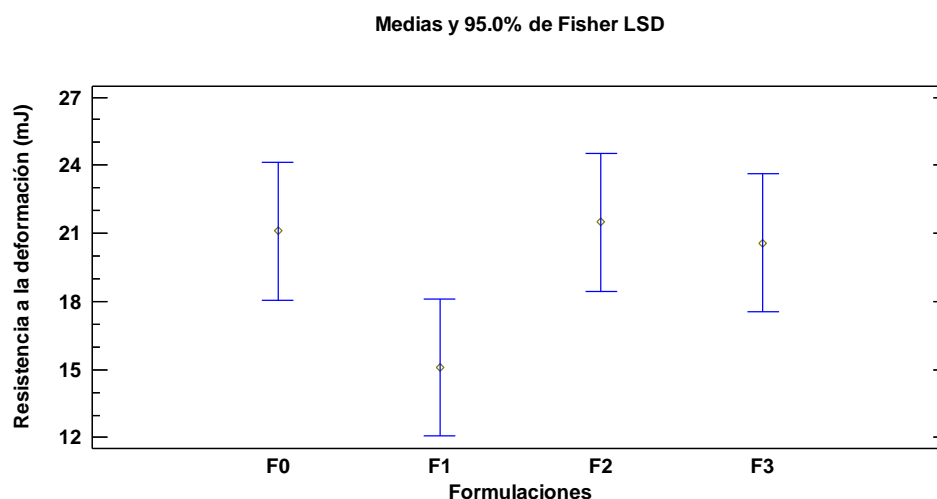
Gráfica Tukey para el variable de fracturabilidad con un intervalo del 95%



En la figura 10 se presentan los resultados del análisis de la resistencia a la deformación en las cuatro formulaciones de galletas. Los datos revelan que la F1 alcanzó una media de 15,09 mJ. En contraste, las otras formulaciones (F3=20,57 mJ, F0=21,12 mJ y F2=21,51 mJ) exhibieron medias de resistencia a la deformación que se mantuvieron en rangos cercanos y notablemente similares entre sí. Esto indicaría que la F1 se deformaría más fácilmente o de manera más rápida en respuesta a una fuerza aplicada.

Figura 11

Gráfica Tukey para el variable de resistencia de deformación con un intervalo del 95%



En las figuras 9, 10 y 11, es evidente que la formulación 1 se diferencia significativamente de las otras formulaciones en los tres parámetros analizados. Además, se destaca que la formulación que exhibió la menor dureza fue la F3, con una carga máxima de tan solo 644,333 gF, seguida por la F0 con 661,483 gF. Estos resultados se relacionan con los valores de fracturabilidad y resistencia a la penetración.

Es interesante notar que los valores de dureza obtenidos en este estudio son consistentes con los obtenidos por (Soler et al., 2017), quien previamente elaboró y evaluó galletas de harina de trigo sustituidas al 10, 30 y 100% por harina de sorgo y frijol, obteniendo valores de dureza que variaban entre 465 y 981 gF.

4.6 Análisis estadístico de la evaluación sensorial

4.6.1 Evaluación sensorial del atributo color

En la tabla 39, se aprecia los resultados del análisis de varianza realizado al atributo del color. El cual presenta un valor P de 0,0656, siendo el resultado mayor a 0,05, indicando que no existe diferencia significativa entre las formulaciones. Además, en la figura 12 se observa los intervalos de confianza, evidenciándose que la F3 presentó mejor color con un promedio de 4,03.

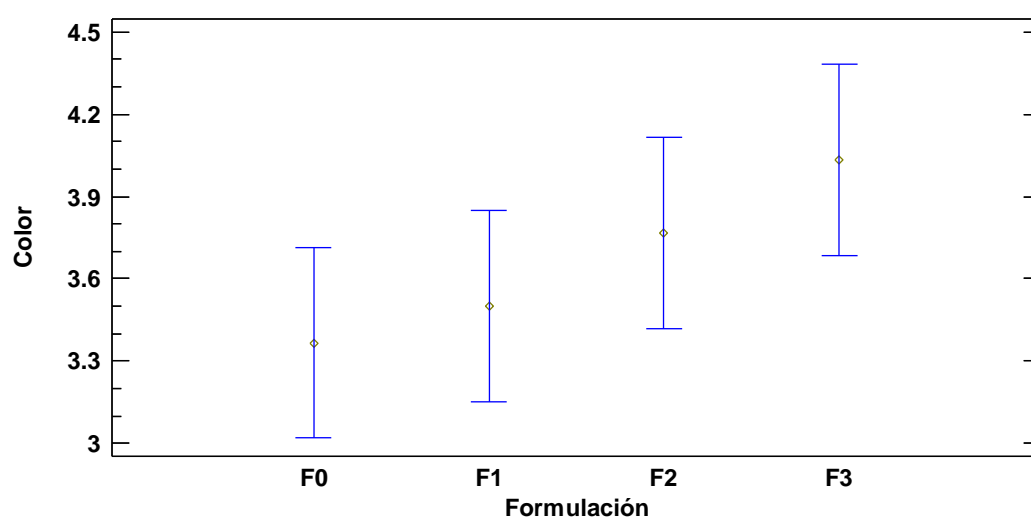
Tabla 39

Análisis de varianza para el atributo de color

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Formulación	7,86667	3	2,62222	2,49	0,0656
B: Panelistas	35,1667	29	1,21264	1,15	0,3021
Residuos	91,6333	87	1,05326		
Total	134,667	119			

Figura 12

Gráfica Tukey para el atributo de color con un intervalo de confianza del 95%



4.6.2 Evaluación sensorial del atributo de olor

En la tabla 40, se aprecia los resultados del análisis de varianza realizado al atributo del olor. El cual presenta un valor P de 0,2110, siendo el resultado mayor a 0,05, indicando que no existe diferencia significativa entre las formulaciones. Además, en la figura 13 se observa los intervalos de confianza, evidenciándose que la muestra F1 presentó mejor olor con un promedio de 3,76.

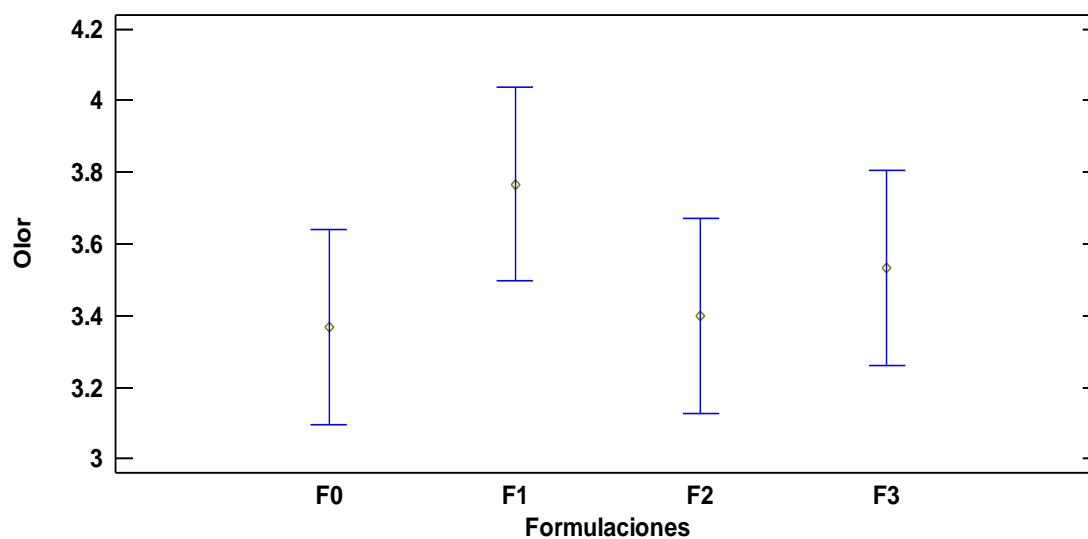
Tabla 40

Análisis de varianza para el atributo de olor

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Formulación	2,96667	3	0,988889	1,54	0,2110
B: Panelistas	48,9667	29	1,68851	2,62	0,0003
Residuos	56,0333	87	0,644061		
Total	107,967	119			

Figura 13

Gráfica Tukey para el atributo de olor con un intervalo del 95%



4.6.3 Evaluación sensorial del atributo de sabor

En la tabla 41, se aprecia los resultados del análisis de varianza realizado al atributo del sabor. El cual presenta un valor P de 0,6656, indicando que no existe diferencia significativa entre las formulaciones. Además, en la figura 14 se observa los intervalos de confianza, evidenciándose que la muestra F3 presentó mejor sabor con un promedio de 3,66.

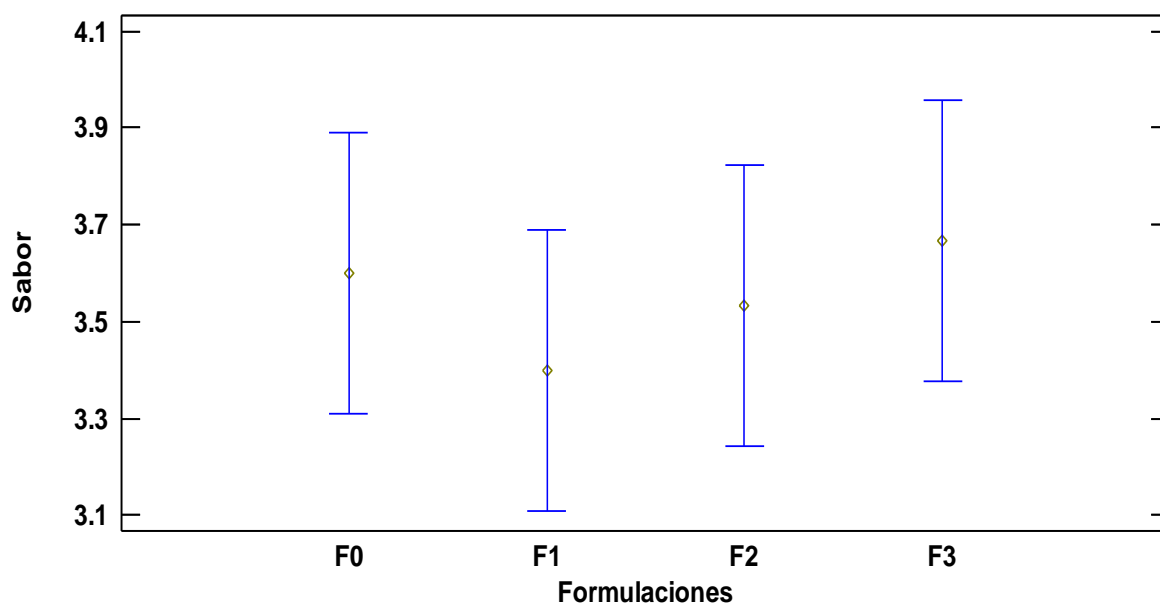
Tabla 41

Análisis de varianza para el atributo de sabor

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Formulación	1,16667	3	0,388889	0,53	0,6656
B: Panelistas	40,2	29	1,38621	1,87	0,0135
Residuos	64,3333	87	0,739464		
Total	105,7	119			

Figura 14

Gráfica Tukey para el atributo de sabor con un intervalo del 95%



4.6.4 Evaluación sensorial del atributo de textura

En la tabla 42, se aprecia los resultados del análisis de varianza realizado al atributo de textura. El cual presenta un valor P de 0,00, indicando que si existe diferencia significativa entre las formulaciones. Además, en la figura 15 se observa los intervalos de confianza, evidenciándose que la muestra F0 presentó mejor textura con un promedio de 3,93.

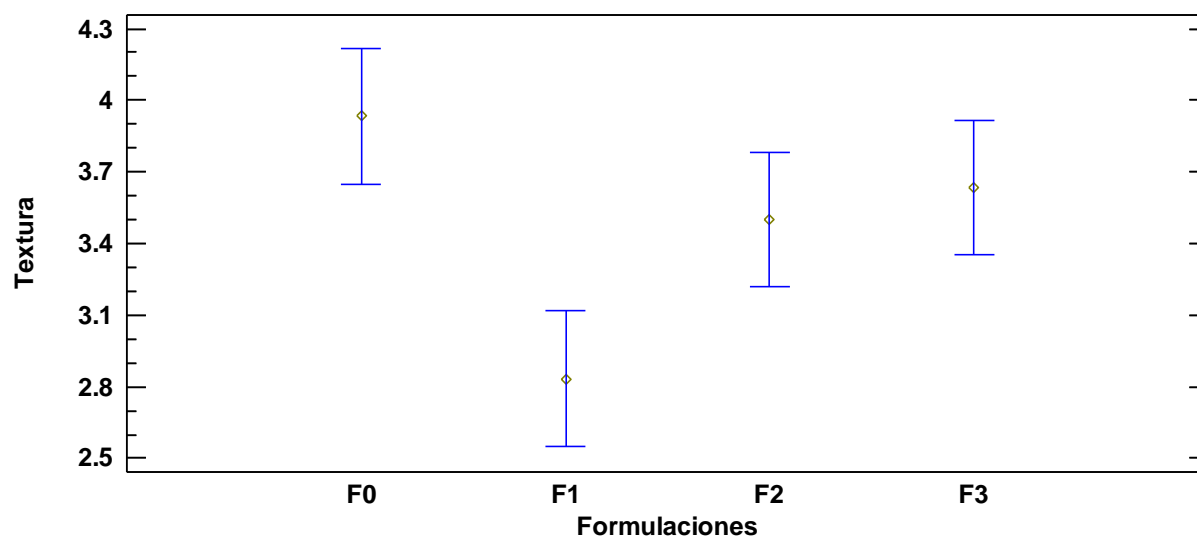
Tabla 42

Análisis de varianza para el atributo de textura

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Formulación	19,425	3	6,475	9,26	0,0000
B: Panelistas	45,675	29	1,575	2,25	0,0020
Residuos	60,825	87	0,699138		
Total	125,925	119			

Figura 15

Gráfica Tukey para el atributo de textura con un intervalo del 95%



4.6.5 Evaluación sensorial del atributo de apariencia

En la tabla 43, se aprecia los resultados del análisis de varianza realizado al atributo de textura. El cual presenta un valor P de 0,1098, indicando que no existe diferencia significativa entre las formulaciones. Además, en la figura 16 se observa los intervalos de confianza, evidenciándose que la muestra F3 presentó mejor apariencia con un promedio de 4,2.

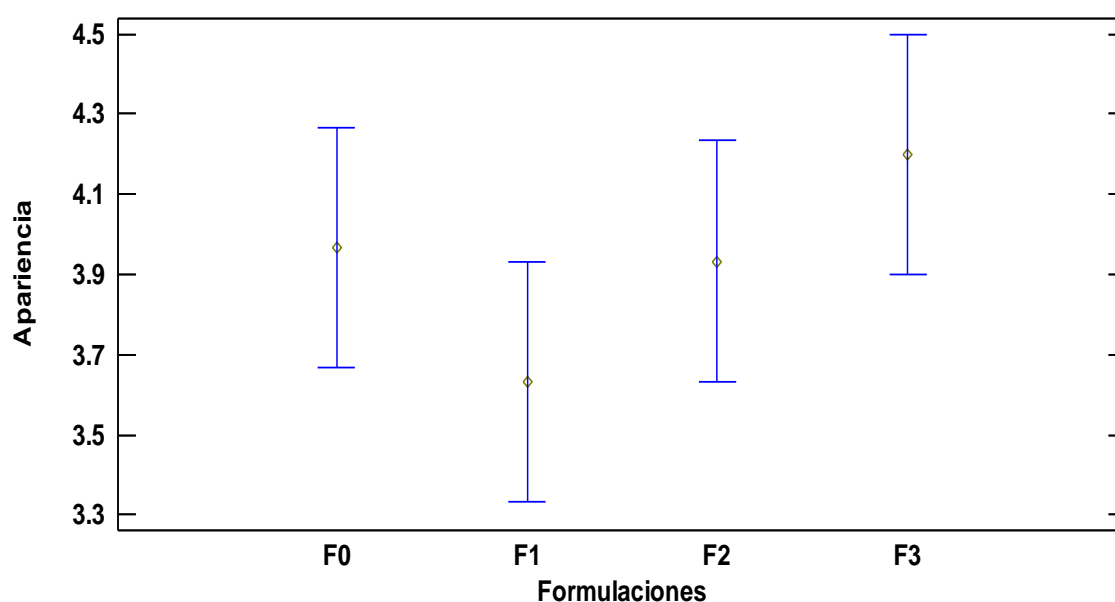
Tabla 43

Análisis de varianza para el atributo de apariencia

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Formulación	4,86667	3	1,62222	2,07	0,1098
B: Panelistas	26,4667	29	0,912644	1,17	0,2880
Residuos	68,1333	87	0,783142		
Total	99,4667	119			

Figura 16

Gráfica Tukey para el atributo de apariencia con un intervalo del 95%



4.6.6 Evaluación sensorial general de las formulaciones

En la tabla 44, se aprecia los promedios generales que tuvieron las formulaciones en la escala hedónica realizada a 30 panelistas. El cual la formulación F3, es la que presentó mayor promedio con **3,81** puntos (Me gusta poco), en comparación con F1 que presentó menor puntaje con **3,43** puntos (Me es indiferente).

Tabla 44

Tabla de promedios de la evaluación sensorial en general de las formulaciones

Formulación	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia	Total
F0	3,37	3,37	3,60	3,93	3,97	3,65
F1	3,50	3,77	3,40	2,83	3,63	3,43
F2	3,77	3,40	3,53	3,50	3,93	3,63
F3	4,03	3,53	3,67	3,63	4,20	3,81

Tabla 45

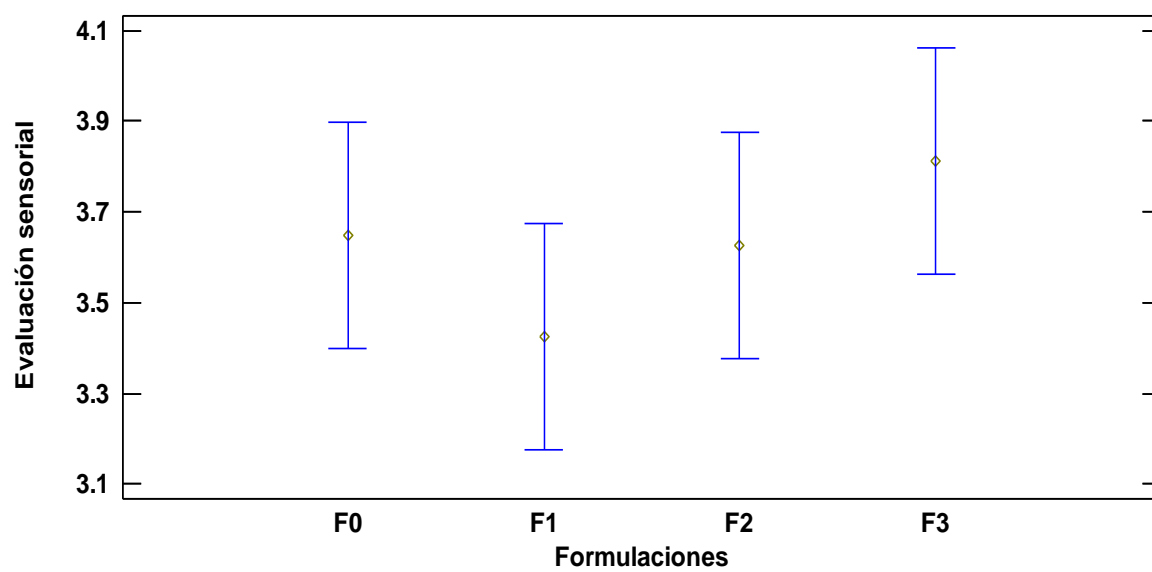
Análisis de varianza para la evaluación sensorial general

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Formulación	0,37532	3	0,125107	1,80	0,2010
B: Panelistas	0,54702	4	0,136755	1,97	0,1640
Residuos	0,83458	12	0,0695483		
Total	1,75692	19			

En la tabla 45, se aprecia los resultados del análisis de varianza de la evaluación sensorial general. El cual presenta un valor P de 0,2010, siendo el resultado mayor a 0,05, indicando que se acepta la H0, no existiendo diferencia significativa entre las formulaciones.

Figura 17

Gráfica Tukey para la evaluación sensorial general, con un intervalo del 95%



V. CONCLUSIONES

- Se analizó la textura por método instrumental y se evaluó la aceptabilidad de galletas libres de gluten elaboradas con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango. Estos análisis proporcionaron una visión completa de la calidad, el perfil sensorial y las propiedades nutricionales del producto, resaltando la importancia de equilibrar la textura, la satisfacción del consumidor y las variables nutricionales al desarrollar alimentos de alta calidad.
- Se caracterizaron las materias primas utilizadas en la elaboración de las galletas libres de gluten. En la harina de quinua y garbanzo, los componentes mayoritarios fueron los carbohidratos (63,38 y 62,25%) y las proteínas y (17,35 y 20,30%). En el caso de la cáscara de mango, se encontró un mayor contenido de carbohidratos (78,71%) y fibra cruda (15,39%), mientras que la cáscara de huevo presentó un gran porcentaje de cenizas (95,90%). También la cáscara de mango criollo presentó un contenido de sólidos solubles de 58,20 °Brix, indicando un mayor contenido de azúcares debido a la madurez del mango utilizado, y una acidez titulable de 0,952%. Por último, la cáscara de huevo se destacó por su contenido excepcionalmente alto de calcio, con 10531,12 mg/100 g. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar fuentes alimenticias variadas para obtener una gama completa de nutrientes esenciales en la dieta. Mientras que la cáscara de huevo es una fuente excepcional de calcio, la cáscara de mango aporta otros nutrientes igualmente vitales para una nutrición equilibrada. Además, la caracterización de estas materias primas es esencial para garantizar la calidad y el valor nutricional de los productos finales, como las galletas libres de gluten.

- Se determinaron los procesos y parámetros de elaboración de las galletas libres de gluten a base de harinas de garbanzo, quinua, cáscara de huevo y cáscara de mango. Estos parámetros incluyeron la recepción de harinas para verificar su calidad, la formulación de cuatro variantes con diferentes proporciones de ingredientes (F0, F1, F2 y F3), el mezclado y amasado para lograr una masa homogénea, el laminado de la masa hasta obtener un espesor de 0,5 cm, el moldeado de las galletas con moldes circulares de 4 cm de diámetro, el horneado a 180 °C durante 10 minutos, y finalmente, el enfriado antes del envasado para evitar la absorción de humedad.
- Se evaluó el perfil de textura instrumental de las cuatro formulaciones de galletas. En términos de dureza, la F1, presentó una media de 2254,42 gF, mientras que las otras formulaciones presentaron medias de dureza más bajas: F0=661,483 gF, F2=930,25 gF y F3=644,333 gF, respectivamente. En lo que respecta a la resistencia a la deformación, la F1 se diferencia al registrar una media de 15,09 mJ, mientras que las otras formulaciones mantuvieron medias de resistencia a la deformación bastante similares entre sí: F0=21,12 mJ, F2=21,51 mJ y F3=20,57 mJ. En cuanto a la fracturabilidad, se observa que la formulación F1 obtuvo una media de 1,17 mm, mientras que las otras formulaciones (F3=3,5 mm, F0=3,37 mm y F2=3,18 mm) exhibieron medias de cercanas y similares entre sí. Por lo que se concluye que la F3 es la formulación más blanda en términos de dureza, lo que podría representar a una textura más crocante. Las formulaciones F0 y F2 se ubican en una posición intermedia en términos de dureza y por último se ubica la F1.
- Se evaluó la aceptabilidad de las galletas libres de gluten elaboradas con harinas de garbanzo, quinua, cáscara de huevo y cáscara de mango. Los resultados de los análisis sensoriales mostraron que, en general, no hubo diferencias significativas entre las formulaciones en términos de color, olor, sabor, apariencia y evaluación sensorial general. Sin embargo, se observó que la formulación F3 destacó en varios atributos, obteniendo los

puntajes más altos en color (promedio de 4,03), sabor (promedio de 3,67) y apariencia (promedio de 4,2). En cuanto la F0 obtuvo el puntaje más alto en el parámetro de textura con un promedio de 3,93 y la F1 tuvo un puntaje promedio más alto en el atributo de olor con un promedio de 3,77. En resumen, las galletas fueron bien aceptadas por los panelistas, y la formulación F3 podría considerarse como la preferida en términos de aceptabilidad sensorial.

- Se realizó un análisis químico proximal de las galletas libres de gluten elaboradas con harinas de garbanzo, quinua, cáscara de huevo y cáscara de mango. Las formulaciones (F1, F2 y F3) mostraron mayores contenidos de proteínas (15,09; 14,77 y 13,34%), humedad (1,48; 1,02 y 0,95%), cenizas (3,31; 3,47 y 3,64%) y fibra (3,155; 3,315 y 3,599%) en comparación con F0 (12,35; 0,84%, 2,91%, 1,725%). Por otro lado, la F0 presentó un mayor contenido de grasas (18,45%), carbohidratos (65,45%) y valor calórico (477,25 Kcal). La inclusión de cáscara de mango aumentó el contenido de fibra, cenizas, pH, acidez y sólidos solubles. Todas las formulaciones también proporcionaron niveles adecuados de calcio, magnesio, potasio, fósforo y otros minerales esenciales, siendo F3 la que destacó con 689,625 mg/100 g de calcio y 682,765 mg/100 g de potasio. En general, las galletas ofrecen opciones nutricionales variadas y equilibradas para los consumidores.
- Se realizaron análisis microbiológicos a las galletas libres de gluten elaboradas a partir de harinas de garbanzo, quinua, cáscara de huevo y cáscara de mango. Estos análisis se llevaron a cabo a cuatro formulaciones de galletas (F0, F1, F2 y F3) y los resultados mostraron que, en todas las muestras, los recuentos microbiológicos fueron menores a 10 UFC/g excepto en el recuento de salmonella que presentó ausencia en 25 g. Esto indica que las galletas cumplen con los estándares microbiológicos aceptables de las NTP, con recuentos bajos o no detectables de microorganismos perjudiciales para la salud.

VI. RECOMENDACIONES

- Para la elaboración de galletas sin gluten, se pueden considerar otras fuentes de harinas, como de arroz, almendras, coco, entre otras. Esto puede permitir la creación de una variedad de productos con diferentes perfiles nutricionales y características sensoriales.
- Continuar experimentando con diferentes proporciones de ingredientes para encontrar formulaciones óptimas en términos de textura, sabor y perfil nutricional. Esto podría resultar en productos aún más atractivos para los consumidores.
- Considerar la posibilidad de enriquecer las galletas con otros nutrientes importantes, como vitaminas o antioxidantes naturales, para aumentar aún más su valor nutricional.
- Llevar a cabo estudios de estabilidad y vida útil para determinar cuánto tiempo las galletas mantienen sus propiedades físicas y sensoriales. Esto es fundamental para garantizar la calidad del producto a lo largo del tiempo.
- Considerar la posibilidad de realizar la misma experiencia con cáscaras de huevos de otras aves con la finalidad de identificar variaciones en el contenido de calcio.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acho, R. (2016). *Estudio de la Utilización de la Cáscara de Huevo que se Desecha para la Elaboración de Pan*. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés .
- Acho, R., & Padilla, A. (2016). *Estudio de la utilización de la cáscara de huevo*. Universidad Mayor De San Andrés.
- Ajila, C. M., Naidu, K. A., Bhat, S. G. y Prasada-Rao, U. J. S. (2008). *Compuestos bioactivos y potencial antioxidante del extracto de cáscara de mango*. Food Chemistry, 105: 982-988.<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.052>
- Anzaldúa, M. (2013). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. . España: Acribia.
- Arce, G., & Granja, L. (2019). *Elaboración de una galleta formulada a base de harina de garbanzo, quinua, trigo y su aceptabilidad en adolescentes, que asisten a la Unidad Educativa Fiscal “Dr. Teodoro Alvarado Olea” de la ciudad de Guayaquil, en el período octubre del 2018 a febrero d*. Universidad Católica De Santiago de Guayaquil.
- Arellano, V., Becerra, R., Hernández, A., Martínez, M., Medina, G., Robles, J., & Salazar, E. (2016). *Elaboración de galletas con harina de cáscara de huevo en la comunidad de Guadalupe del Monte (El Ranchito), ubicada en Apaseo el Grande, GTO*. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria.
- Arroyo, M., & Barrientos, A. (2014). *Elaboración y evaluación de las características organolépticas de galletas dulces integrales enriquecidas a base de trigo (triticum vulgare) y salvado de quinua (chenopodium quinoa willd) variedad blanca junin*.
Obtenido de Recuperado de:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3061/Arroyo%20SaezBarrientos%20Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Artica, M. (2008). *Caracterización Fisicoquímica y Funcional de la Fibra Dietética de Cáscara De Mango Criollo de Satipo (Mangifera indica L.)*. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Arunlertaree, C., Kaewsomboon, W., Kumsopa, A., Pokethitiyook, P., & Panyawathanakit, P. (2007). *Removal of lead from battery manufacturing wastewater by egg shell*. 29(3), 857–868.

Avecillas, R. (2015). *Estudio de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo con Harina de Quinua Cruda y Lavada en la Elaboración de Pan*. Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.

Bedoya, A., & Valencia, M. (2020). Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 12(2), e776. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>

Ben Houmich, T., & Admou, B. (2021). Celiac disease: Understandings in diagnostic, nutritional, and medicinal aspects. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 35, 1–22. https://doi.org/10.1177/20587384211008709/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_20587384211008709-FIG2.JPEG

Brizuela, O., Villadoniga, C., Santisteban, H., & Soler, J. (2020). Enfermedad Celíaca en el adulto. Un reto en el nuevo milenio. *Multimed*, 24(4).

- Burga, P. (2018). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color*. Universidad Nacional Mayor De San Marcos.
- Carpintero, A. (2022). *Carbonato De Calcio: Beneficios, Propiedades Y Usos En La Salud*. Farmacia Angulo. <https://nutricionfarmacia.com/blog/salud/compuestos-quimicos/carbonato-de-calcio/>
- Carrasco, C., & Sánchez, K. (2019). *Determinación de la aceptabilidad de galletas elaboradas con diferentes concentraciones de harina de coronta de maíz morado (Zea mays l)*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Celiac Disease Foundation. (2021). *What is Celiac Disease?* . Retrieved September 23, 2022, from <https://celiac.org/about-celiac-disease/what-is-celiac-disease/>
- Cedeño, J., & Zambrano, J. (2014). *Cáscaras de Piña y Mango Deshidratados como Fuente de Fibra Dietetica en Producción de Galletas*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria en Manabí Manuel Félix López.
- Chang, A. (2020). *La importancia de la nutrición para la calidad de la cáscara de huevo en reproductoras de pollos de engorde*. RossNote. https://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossNote-EggShellQuality-2020-ES.pdf
- Chirinos, W., & Nataly, V. (2017). Análisis proximal de galletas de harina de trigo (Triticum vulgare): Tapirama (Phaseolus lunatus) de pueblo nuevo de Paraguaná . *Revista Centro Azúcar*, 44(2).

CODEX STAN 152-1985. (1995). *Norma del CODEX para la harina de trigo.*

https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/152-1995.PDF

Corral, M. (2020). *Garbanzos: valor nutricional y beneficios del “superalimento” de toda la vida.* ElEspañol. https://www.lespanol.com/ciencia/nutricion/20200814/garbanzos-valor-nutricional-beneficios-superalimento-toda-vida/508449455_0.html

Diego. (2011). *Textura y Parámetros Texturales de la Galleta.* Obtenido de <https://innovation4food.wordpress.com/2011/01/29/textura-y-parametros-texturales-de-la-galleta/>

Diegonova. (2011). *Textura y Parámetros Texturales de la Galleta.* Obtenido de <https://innovation4food.wordpress.com/2011/01/29/textura-y-parametros-texturales-de-la-galleta/>

Diseases, N. I. (2020). Síntomas y causas de la enfermedad celíaca. Obtenido de <https://bit.ly/3Ex0j0j>

Dr.Schar. (2020). *¿Está aumentando el número de pacientes celíacos?* Obtenido de <https://www.drschaer.com/es/institute/n/aumento-pacientes-enfermedad-celiaca>

El Universal. (2020). *¿Por qué las galletas deben tener bicarbonato de sodio?* <https://www.eluniversal.com.mx/menu/bicarbonato-de-sodio-el-elemento-clave-para-unas-galletas-suaves>

Energy Green. (2020). *Beneficios de la harina de quinua .* <https://energygreen.pe/salud/beneficios-de-la-harina-de-quinua/>

- Erosky Consumer. (2006, May 4). *El magnesio, determinante para que los huesos se mantengan fuertes* . <https://www.consumer.es/alimentacion/el-magnesio-determinante-para-que-los-huesos-se-mantengan-fuertes.html>
- Escalante, J. (2021). *Quinoa: propiedades, beneficios y valor nutricional*. LaVanguardia. <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20190102/453829098310/quinoa-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>.
- FACE. (2018). *Clasificación de los Alimentos Aptos para Personas Celiacas*. Obtenido de <https://celiacos.org/wp-content/uploads/2023/03/Clasificacion-de-alimentos-2023-2.pdf>
- FactorChem. (2009). *Benzoato de Sodio uso cosmético y alimentario*. Obtenido de <https://factorchem.com/productos/todos-los-productos/bricolaje-y-hogar/benzoato-sodico/#:~:text=No%20contiene%20gluten%20>
- García, L. (2003). *Caracterización físicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (Mangifera indica L) y su incorporación en galletas*. México: Universidad tecnológica de la Mixteca.
- Gonzáles, A., & Inga, S. (2018). *Evaluación de la textura instrumental del alfajor gigante de dos sabores de las principales marcas de la región Lambayeque como propuesta de parámetro de calidad*. UNPRG.
- González, A., Alvis, A., & Arrázola, G. (2015). *Efecto del Recubrimiento Comestible en las Propiedades de Trozos de Batata (Ipomoea Batatas Lam) Fritos por Inmersión: Parte 1: Textura*. *Información Tecnológica*, 26(1), 95–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100011>

- Gutiérrez, C., Vásquez, E., & Rivera, F. (2016). *Diseño de Sistema Automático Para La Dosificación De Margarina en la Empresa lehmä*. Bogota: Universidad Santo Tomás.
- Hernández, B. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as source of bioactive compounds: a review. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2(3), 27–47. <https://doi.org/10.31989/BCHD.V2I3.556>
- Hernandez, E. (2003). Evaluación del efecto de harina de nopal (*opuntia* spp.) natural y libre de clorofila en la elaboración de tortilla de maíz. México: Buenavista Saltillo.
- Hernandez, E. (2005). Evaluación sensorial. Curso tecnología de cereales y oleaginosas. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Hernández, M., Castañeda, D., Corona, C., Contreras, R., Flores, M., & Cerón, A. (2017). *Compuestos Bioactivos y Capacidad Antioxidante en Galleta Salada a Base de Desechos Agroindustriales*. Mexico: Universidad de Guanajuato Campus Irapuato-Salamanca. .
- Hill, M. (2012). *El Ataque del Gluten*. <https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2011-2012/gluten.html>
- INDECOPI. (2013). *NOR MA TÉCNICA PERUANA GRANOS ANDINOS. Harina de quinua. Requisitos*. SCRIBD. <https://es.scribd.com/document/435856861/NTP-011451-Harina-de-Quinua>.
- INDECOPI. (2016). Norma técnica peruana 206.001. Panadería, Pastelería y Galletería. Galletas. Requisitos 2° Edición, Perú

- Jibaja, L. (2014). *Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cáscara de mango, Mangífera Indica, variedad "criollo"*. Obtenido de <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/cientifi-k/article/view/1358>
- Julca, E. (2019). *Potencial Alimentario de Productos obtenidos a partir de residuos Industriales de Mango (Mangifera Indica)*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Klunklin, W., & Savage, G. (2018). Biscuits: A Substitution of Wheat Flour with Purple Rice Flour. *Advances in Food Science and Engineering*, 2(3). <https://doi.org/10.22606/AFSE.2018.23001>.
- Lara, S. (2016). *Proceso de Obtención de Harina de Garbanzo (Cicer arietinum L.) y su utilización en la Elaboracion de pan de molde*. Quito: Universidad Tecnologica Equinoccial.
- Lizárraga, c., & Hernández, C. (2018). *Polifenoles de la cáscara de mango para la acuicultura*. *Ciencia*, 69(1).
- Martínez, D. (2011). *Industria Elabadora de Galletas en el Municipio de Logroño*. España: Universidad Pública de Navarra.
- Maurer, G. (2019). *La odisea de los consumidores celíacos para conseguir alimentos libres de gluten en supermercados del Perú*. PerúRetail. <https://www.peru-retail.com/odisea-consumidores-celíacos-conseguir-alimentos-libres-gluten-supermercados-peru/>
- Mayo Clinic. (2021). *Celiaquía* . <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/celiac-disease/symptoms-causes/syc-20352220>
- Mayo Clinic. (2022). *Calcio y suplementos de calcio: lograr el equilibrio adecuado* . <https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/calcium-supplements/art-20047097>

- Medina, E., Guatemala, G., Fernández, O., Corona, R., Mondragón, P., & Arriola, E. (2017). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y tecno funcionales de subproductos de residuos de mango (mangifera indica, variedad Tommy Atkins)*. Academia Mexicana de Investigación y Docencia En Ingeniería Química.
- Mejía A., Ramírez J. (2013). *Modelo económico para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de mango y banano generados en la central mayorista de Antioquia. Investigación para optar al título de magister en medioambiente y desarrollo sostenible*. Universidad de Manizales. Medellín
- Midagri. (2021). *Midagri genera más de 30 variedades de legumbres con alta calidad genética*. <https://elperuano.pe/noticia/115068-midagri-genera-mas-de-30-variedades-de-legumbres-con-alta-calidad-genetica>
- Ministerio de Salud. (2011). *Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería. RM N.º 1020-2010* . www.digesa.minsa.gob.pe
- Mokni, A., Maklouf, I., Blecker, C., Attia, H., & Besbes, S. (2015). *Estudio Nutricional y Composicional de Desi y Garbanzo Kabuli (Cicer Arietinum L.)*. Obtenido de <https://openventio.org/Volume1-Issue2/Nutritional-and-Compositional-Study-of-Desi-and-Kabuli-Chickpea-Cicer-Arietinum-L-Flours-from-Tunisian-Cultivars-AFTNSOJ-1-107.pdf>
- Molinos y piladoras Peter. (2020). *Harina de Quinoa* . <https://molipeter.com/harina-de-quinua/>
- Monreal, A. (2018). *Garbanzos: propiedades, dieta y beneficios*. LaVanguardia. <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20180605/444085010580/alimentos-garbanzo-propiedades.html>

- Moreno, C. (2017). *Influencia de la Adición de Harina de Cáscara de Mango (Mangifera Indica L.) Variedad Kent y Ácido Ascórbico sobre las Características Tecnológicas del Pan de Molde*. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa.
- National Institutes Of Health. (2020, March 24). *Magnesio* .
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-DatosEnEspanol/>
- National Institutes Of Health. (2022, October 6). *Calcio* .
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Calcium-DatosEnEspanol/>
- NIH. (2011). *Carbonato de calcio*.
<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionariocancer/def/carbonato-de-calcio>
- NTP.011.451. (2013). *GRANOS ANDINOS. Harina de quinua. Requisitos*. Obtenido de
<https://es.scribd.com/document/435856861/NTP-011451-Harina-de-Quinoa#>
- NTP.206.011. (2018). *BISCOCHOS, GALLETAS Y PASTAS O FIDEOS. Determinación de humedad*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/484871501/27552-NTP-206011-pdf>
- NTP.2007.003. (2009). *AZUCAR. Azúcar refinado.Requisitos*. Obtenido de
https://kupdf.net/download/ntp-207-003-2009-az-uacute-car-az-uacute-car-refinado-requisitos_5af7b0f1e2b6f5d12b7a2b96_pdf
- Osman, A. (2020). *Uso de Harinas de Garbanzo y Mijo en el Procesamiento de Pasteles para Individuos Intolerantes al Gluten*. Sudan: Universidad de Ciencia y Tecnología de Sudán.

Palomino P., Rojas Y., Vela K., Tong J., Espinoza J. (2018) *Galletas de harina de garbanzo*.

Obtenido de http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8950/3/2018_Palomino-Lopez.pdf

Paredes, J. (2021). *Elaboración de las galletas nutritivas libres de gluten a base de harina de cañihua, lactosuero y almidón de papa*. [Universidad Nacional de Juliaca].

http://repositorio.unaj.edu.pe/bitstream/handle/UNAJ/166/TESIS_Jover%20Yoker%20Paredes%20Erquinigo_EPIIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Peralta, A., & Cáceres, M. (2021). *Efecto de Cuatro Concentraciones de Harina de Soya (Glycine max) sobre las Características de Calidad de una Galleta Elaborada a Base de Avena Entera (Avena sativa)*. Santiago de Chile: Universidad ISA.

Peralta, M. (2016). Aplicación de decisión multicriterio para el desarrollo de evaluación sensorial en productos de la empresa “ITALIMENTOS.CÍA.LTDA”. Ecuador: Universidad del Azuay.

Peralta, R., & Rivera, J. (2018). *La Química del Sabor*. Obtenido de <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/la-quimica-del-sabor/#:~:text=El%20sabor%20es%20la%20sensaci%C3%B3n,los%20alimentos%20no%20tienen%20sabor.>

Pérez, G., Guzman, J., Duran, K., Ramos, J., & Acha, V. (2018). Aprovechamiento de las cáscaras de huevo en la fortificación de alimentos. *Scielo*, 16(18).

Peréz, M., Cebollón, A., Bosquez, E., & Totosaús, A. (2022). *Harina de cáscara de mango y harina de cáscara de patata como ingredientes bioactivos en la formulación de yogur funcional*. Obtenido de

<https://www.scielo.br/j/cta/a/gzMYBSShWfVH3Y48WtMnX6g/#>

Pino, J. (2021). *Compuestos Activos del Aroma del Mango*. Cuba: Editorial Universitaria de la Republica de Cuba.

Pontificia Universidad Católica de Chile. (2018). *Nutricionistas UC promueven la Quínoa - Carrera Nutrición y Dietética - Facultad de Medicina*. Nutrición y Dietética. <https://nutricion.uc.cl/noticias/nutricionistas-uc-promueven-la-quinoa/>

Puntivero, A., Jáuregui, I., Montes, M., & Herrero, G. (2020). *¿Es más cara la alimentación saludable?* Obtenido de <https://revistas.proeditio.com/jonnpr/article/view/3883/HTML3883>

Ratini, M. (2020). *Celiac Disease*. <https://www.webmd.com/digestive-disorders/celiac-disease/celiac-disease>

Rattray, D. (2022). *What Is Wheat Flour? The Spruce Eats*. <https://www.thespruceeats.com/about-wheat-and-wheat-flour-3050515>

Reglamento(REACH), (. n. (2022). *Información de Seguridad Voluntaria Apoyándose en el Formato de Ficha de Datos de Seguridad*. Obtenido de <https://www.carlroth.com/medias/SDB-P012-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyMzUyOTB8YXBXbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMzYvaGNhLzkwNzczNDQ2OTgzOTgucGRmfGI4MDUyY2Q5MTViMTQxMjU1Y2FjNjRjMjYyNTcwMDU0NjYxMzM0OWRkM2FkMzc1MGU4NzI0>

Repo De Carrasco, R., & Encina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 74(2), 85–99.

- Ríos, L. (2016). *2% de la población mundial es alérgica al gluten*. Vértigo. <https://www.vertigopolitico.com/todo-menos-politica/bienestar/2-de-la-poblacion-mundial-es-alergica-al-gluten>
- Rojas, W., Vargas, A., & Pinto, M. (2016). La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales.*, 3(2), 114–124.
- Reglero, G. (2011). *Curso de analisis sensorial de los alimentos*. España: Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación.
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C., & Ceron, E. (2006). *Potencial Nutricional de Harinas de Quinoa (Chenopodium Quinoa W) Piartal Variety in Colombian Andes Part One*. Colombia: Universidad del Cauca.
- Sáyago, S., & Álvarez, E. (2018). *Alimentos Vegetales Autoctonos Iberoamericanos Subutilizados*. México: CYTED.
- Serna, L., Torres, C., & Ayala, A. (2015). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *Información Tecnológica*, 26(2), 41–50. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200006>
- Shahnila, Arif, S., Pasha, I., Iftikhar, H., Mehak, F., & Sultana, R. (2022). *Effects of eggshell powder supplementation on nutritional and sensory attributes of biscuits*. Obtenido de <http://cjfs.agriculturejournals.cz/pdfs/cjf/2022/01/03.pdf>
- Silva, R. (2021). *Desarrollo de Galletas Libres de Gluten Evaluando sus Parámetros Físicoquímicos y Sensoriales*. Lima: Universidad Peruana Unión

- Soler, N., Castillo, O., Rodríguez, G., Perales, A., & Gonzáles, A. (2017). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(3).
<https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/3/art-8/>
- Szalay, J. (2018). *Quinoa: beneficios para la salud e información nutricional*. LiveScience.
<https://www.livescience.com/50400-quinoa-nutrition-facts.html>
- TUV SUD. (2022). *Recicla tus huevos de pascua*. <https://www.tuvsud.com/es-es/centro-recursos/articulos-de-opinion/5-consejos-reciclar-huevos-pascua>
- Valladolid, A. (2019). *La producción de Legumbres en Perú*. Obtenido de <https://www.granosylegumbres.com/legumbres-peru>
- Vargas, P., Arteaga, R., & Cruz, L. (2019). Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua como alimento funcional. *Centro Azúcar*, 46(4).
- Waheed, M., Yousaf, M., Shehzad, A., Inam, M., Khan, M., Ahmad, N., Abdullah, Aadil, R., & Iqbal, M. (2020). Channelling eggshell waste to valuable and utilizable products: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology*, 106(12), 78–90.
<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.10.009>
- Yacinalp, M. (2020). *Egg Shell, The Most Important Component of Egg Quality*.
<https://www.cobb-vantress.com/assets/457568dbce/Mert-Yalcinalp-Shell-Quality.pdf>
- Zuñiga, O. (2022). 11 beneficios de los garbanzos para la salud. Obtenido de <https://mejorconsalud.as.com/8-beneficios-los-garbanzos-salud/>

IX ANEXOS

ANEXO 1. FOTOS DE LAS MATERIAS PRIMAS



Harina de cáscara de mango



Harina de garbanzo



Harina de quinua



Harina de cáscara de huevo



Azúcar



Margarina



Polvo de hornear



Benzoato de sodio



Esencia de vainilla



Canela molida



Goma xantana

ANEXO 2. PROCESAMIENTO DE LA CÁSCARA DE MANGO



Lavado del mango



Cortado y pelado del mango



Pesado de la cáscara de mango



Precocción de la cáscara



Ecurrido de la cáscara



Deshidratador de alimentos



Secado de la cáscara



Pesado de la cáscara seca



Pulverizado de la cáscara

ANEXO 3. PROCESAMIENTO DE LA CÁSCARA DE HUEVO



Pasteurizado de la cáscara



Secado en microondas de la cáscara de huevo



Molienda de la cáscara de huevo



Cáscara pulverizada

ANEXO 4. ELABORACIÓN DE GALLETAS LIBRE DE GLUTEN

Formulación de ingredientes



Batido del huevo con azúcar y margarina



Adición de esencia de vainilla



Tamizado de harinas



Mezclado manual



Amasado manual



Moldeado



Horneado



Formulación 0



Formulación 1

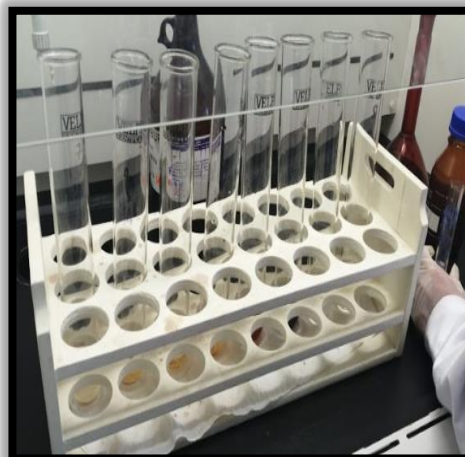


Formulación 2



Formulación 3

ANEXO 5. ANÁLISIS DE PROTEÍNAS

*Pesado de muestra**Adición de H₂SO₄**Muestras en el digesor**Término de la digestión*



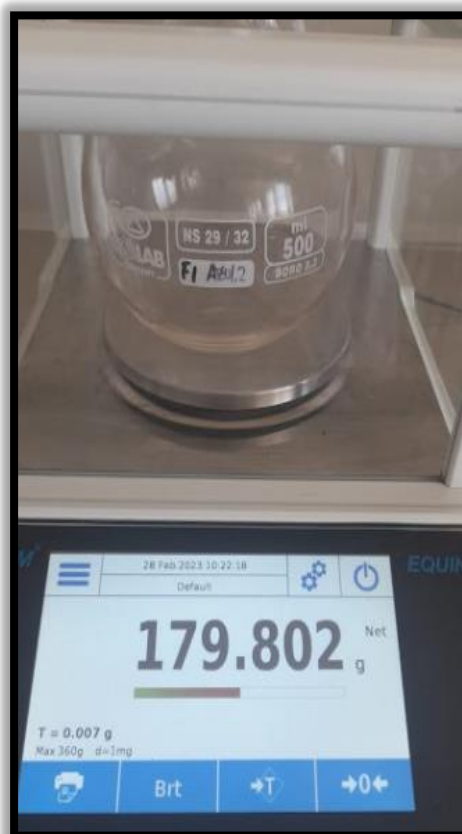
Destilación de las muestras



Titulación

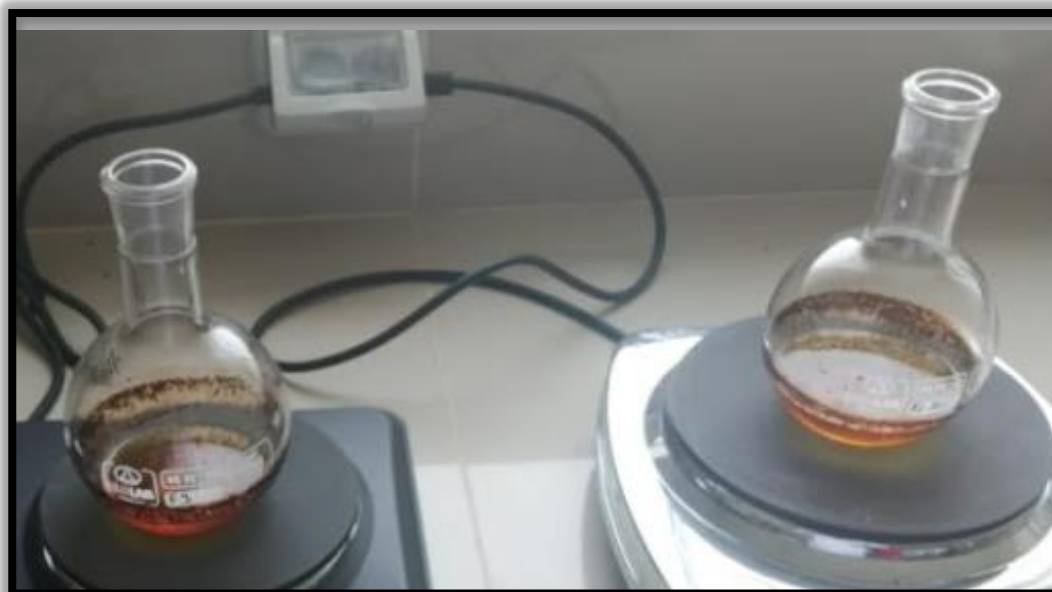


Muestras tituladas

ANEXO 6. ANÁLISIS DE GRASAS*Materiales**Preparación de muestra**Pesado del balón*



Muestras en el aparato Soxhlet



Evaporación del solvente

ANEXO 7. ANÁLISIS DE HUMEDAD Y CENIZA*Preparación de muestra**Determinación de humedad**Molienda de muestra**Pesado de muestra**Colocación en la mufla**Cenizas*

ANEXO 8. DETERMINACIÓN DE FIBRA

*Preparación de muestra**Tratamiento térmico**Lavado y enjuagado**Eliminación de humedad**Determinación de humedad*

ANEXO 9. DETERMINACIÓN DE PH Y SÓLIDOS SOLUBLES

*Pesado de muestra**Determinación de pH**Preparación de muestras**Determinación de sólidos solubles*

ANEXO 10. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE

*Muestra diluida y reactivos**Adición de fenolftaleína**Titulación con NaOH**Muestra después de titulación*

ANEXO 11. ANÁLISIS DE TEXTURA INSTRUMENTAL

Texturómetro Brookfield



Parámetros obtenidos en la medición de la textura instrumental.



Análisis de textura instrumental



Laboratorio OFILAB

ANEXO 12. EVALUACIÓN SENSORIAL








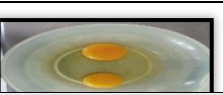






Evaluación sensorial a jóvenes universitarios.



Evaluación sensorial a familiares

ANEXO 13. LISTA DE INGREDIENTES SIN GLUTEN, UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE LAS GALLETAS.

imágenes	Ingredientes	Descripción	Citas
	Harina de garbanzo	Ingrediente esencial que puede ser consumido por personas celiacas, ya que no presentan gluten.	(Arce y Granja, 2019).
	Harina de quinua	Alimento de alto valor biológico, que puede ser consumida sin problemas por personas celíacas al no contener gluten	(Escalante, 2021).
	Harina de cáscara de mango	Alimento con múltiples nutrientes, beneficioso para las personas celiacas, ya que no contiene gluten.	(Moreno, 2017).
	Cáscara de huevo	Puede ser utilizada como suplemento para las personas que sufren deficiencia de calcio y para personas con enfermedad celiaca ya que no presenta gluten	(Bedoya y Valencia, 2020).
	Margarina	Producto convencional sin gluten.	(FACE, 2018)
	Azúcar	Producto genérico sin gluten	(FACE, 2018)
	Goma xantana	Producto genérico sin gluten	(FACE, 2018)
	Huevos	Producto genérico sin gluten	(FACE, 2018)
	Polvo de hornear	Producto genérico sin gluten	(FACE, 2018)
	Esencia de vainilla	Producto convencional sin gluten.	(FACE, 2018)
	Canela molida	Producto genérico sin gluten	(FACE, 2018)
	Benzoato de sodio	Producto genérico sin gluten	(FactorChem, 2009)

ANEXO 14. FORMATO DE ENCUESTA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias

“Escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias”

“Prueba de aceptación de galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua,
cáscaras de huevo y mango”

Nombres y apellidos: Edad: Fecha:

Instrucciones: Por favor, pruebe la muestra e indique su nivel de agrado, colocando el número que crea correspondiente, en el cuadro de aceptación de acuerdo con la escala de preferencia.

Escala de preferencia

Puntaje	F0
5	Me gusta mucho
4	Me gusta poco
3	Me es indiferente
2	Me disgusta poco

Cuadro de aceptación

Atributo	F0	F1	F2	F3
Color				
Olor				
Sabor				
Textura				

**ANEXO 15. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL SOBRE EL
ATRIBUTO DE COLOR.**

Variable Color				
Formulaciones/Panelistas	F0	F1	F2	F3
Panelista 1	4	4	5	5
Panelista 2	1	2	4	5
Panelista 3	3	1	4	4
Panelista 4	2	4	4	4
Panelista 5	2	2	5	4
Panelista 6	4	2	5	4
Panelista 7	5	4	3	5
Panelista 8	4	2	4	5
Panelista 9	2	3	2	5
Panelista 10	4	5	5	5
Panelista 11	5	4	4	3
Panelista 12	1	3	3	3
Panelista 13	2	5	3	4
Panelista 14	5	4	3	3
Panelista 15	4	4	4	4
Panelista 16	3	4	3	3
Panelista 17	4	3	3	3
Panelista 18	1	4	3	5
Panelista 19	4	5	5	5
Panelista 20	2	2	3	5
Panelista 21	4	4	4	4
Panelista 22	2	4	4	3
Panelista 23	5	3	4	3
Panelista 24	5	5	4	4
Panelista 25	4	4	3	4
Panelista 26	3	4	4	4
Panelista 27	5	5	3	3
Panelista 28	2	4	4	4
Panelista 29	4	4	4	4
Panelista 30	5	1	4	4
PROMEDIO	3.37	3.50	3.77	4.03

**ANEXO 16. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL SOBRE EL
ATRIBUTO DE OLOR.**

Variable Olor				
Formulaciones/Panelistas	F0	F1	F2	F3
Panelista 1	4	4	4	4
Panelista 2	4	4	2	2
Panelista 3	2	4	2	1
Panelista 4	4	5	5	5
Panelista 5	4	2	4	4
Panelista 6	3	5	4	4
Panelista 7	3	3	2	2
Panelista 8	4	4	2	3
Panelista 9	1	3	2	5
Panelista 10	3	4	4	3
Panelista 11	3	4	4	4
Panelista 12	3	4	3	3
Panelista 13	4	5	3	3
Panelista 14	4	4	4	3
Panelista 15	4	3	3	4
Panelista 16	3	2	3	4
Panelista 17	5	5	4	4
Panelista 18	3	3	5	3
Panelista 19	3	5	5	5
Panelista 20	2	1	2	3
Panelista 21	3	3	3	3
Panelista 22	4	4	4	3
Panelista 23	1	5	4	3
Panelista 24	4	4	4	4
Panelista 25	4	4	4	5
Panelista 26	4	4	4	4
Panelista 27	4	4	3	5
Panelista 28	4	4	3	4
Panelista 29	4	4	3	3
Panelista 30	3	3	3	3
PROMEDIO	3.37	3.77	3.40	3.53

**ANEXO 17. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL SOBRE EL
ATRIBUTO DE SABOR**

Variable Sabor				
Formulaciones/Panelistas	F0	F1	F2	F3
Panelista 1	4	4	4	4
Panelista 2	3	3	2	2
Panelista 3	2	5	4	5
Panelista 4	4	2	4	4
Panelista 5	5	2	4	5
Panelista 6	4	5	3	3
Panelista 7	5	4	4	3
Panelista 8	4	3	2	3
Panelista 9	4	2	4	5
Panelista 10	3	3	3	2
Panelista 11	4	5	4	3
Panelista 12	4	3	3	4
Panelista 13	4	4	3	3
Panelista 14	2	2	3	3
Panelista 15	5	4	4	4
Panelista 16	4	3	4	4
Panelista 17	2	5	4	4
Panelista 18	4	2	5	3
Panelista 19	5	5	5	5
Panelista 20	3	3	5	5
Panelista 21	3	2	2	3
Panelista 22	4	2	2	2
Panelista 23	3	4	4	3
Panelista 24	4	4	4	4
Panelista 25	3	5	3	4
Panelista 26	2	4	3	4
Panelista 27	4	4	3	4
Panelista 28	3	3	4	5
Panelista 29	3	2	3	4
Panelista 30	4	3	4	3
PROMEDIO	3.60	3.40	3.53	3.67

**ANEXO 18. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL SOBRE EL
ATRIBUTO DE TEXTURA.**

Variable Textura				
Formulaciones/Panelistas	F0	F1	F2	F3
Panelista 1	5	4	5	4
Panelista 2	5	3	3	1
Panelista 3	5	1	3	4
Panelista 4	4	2	3	3
Panelista 5	5	2	5	5
Panelista 6	3	3	3	3
Panelista 7	4	3	4	4
Panelista 8	4	3	4	5
Panelista 9	3	1	4	5
Panelista 10	5	2	3	3
Panelista 11	4	4	4	4
Panelista 12	3	4	3	4
Panelista 13	3	3	4	3
Panelista 14	4	2	4	3
Panelista 15	3	2	3	3
Panelista 16	5	4	3	3
Panelista 17	4	4	4	4
Panelista 18	4	1	4	3
Panelista 19	5	4	3	5
Panelista 20	3	3	5	5
Panelista 21	2	1	1	1
Panelista 22	4	5	3	4
Panelista 23	3	3	4	3
Panelista 24	4	3	4	4
Panelista 25	3	3	3	3
Panelista 26	4	3	3	5
Panelista 27	3	3	4	5
Panelista 28	4	2	3	3
Panelista 29	5	4	3	4
Panelista 30	5	3	3	3
PROMEDIO	3.93	2.83	3.50	3.63

**ANEXO 19. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL SOBRE EL
ATRIBUTO DE APARIENCIA.**

Variable Apariencia				
Formulaciones/Panelistas	F0	F1	F2	F3
Panelista 1	5	4	5	5
Panelista 2	4	2	4	5
Panelista 3	3	3	4	4
Panelista 4	5	4	4	4
Panelista 5	5	2	5	4
Panelista 6	4	2	3	4
Panelista 7	3	4	5	4
Panelista 8	4	2	3	5
Panelista 9	5	4	2	5
Panelista 10	4	4	4	4
Panelista 11	4	4	3	4
Panelista 12	5	4	4	4
Panelista 13	4	5	4	4
Panelista 14	5	3	3	3
Panelista 15	4	5	5	4
Panelista 16	4	3	2	2
Panelista 17	5	4	4	4
Panelista 18	3	5	3	5
Panelista 19	4	5	5	5
Panelista 20	3	2	3	5
Panelista 21	4	3	3	4
Panelista 22	4	5	4	4
Panelista 23	3	3	5	4
Panelista 24	2	4	4	4
Panelista 25	4	3	4	4
Panelista 26	3	5	5	5
Panelista 27	4	5	5	4
Panelista 28	3	4	5	5
Panelista 29	4	5	4	4
Panelista 30	5	1	4	4
PROMEDIO	3.97	3.63	3.93	4.20

ANEXOS 20. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO DEL COLOR

Tabla 46

Tabla de medias del atributo de color con intervalos de confianza del 95,0%

Formulación	Casos	Media	Error	Límite inferior	Límite superior
F0	30	3,36667	0,187373	2,99424	3,73909
F1	30	3,5	0,187373	3,12758	3,87242
F2	30	3,76667	0,187373	3,39424	4,13909
F3	30	4,03333	0,187373	3,66091	4,40576

En la tabla 46, se aprecia los promedios de la escala hedónica realizada a 30 panelistas sobre el atributo de color. El cual la formulación F3, es la que presentó mejor promedio con 4 puntos (Me gusta poco), en comparación con la F0 que al parecer no presentó un buen color, teniendo un puntaje de 3,36 puntos (Me es indiferente).

Tabla 47

Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de color

Contraste de factores	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Diferencia significativa
F0 - F1	-	-0,133333	0,526688	No existe
F0 - F2	-	-0,4	0,526688	No existe
F0 - F3	*	-0,666667	0,526688	Si existe
F1 - F2	-	-0,266667	0,526688	No existe
F0 - F1	*	-0,533333	0,526688	Si existe

En la tabla 47 se muestra las diferencias que existieron entre las formulaciones, el cual se tiene como resultado que las formulaciones F0 – F3 y la F0 – F1 si existieron diferencia significativa, lo que indican que los encuestados si percibieron alguna diferencia entre aquellos tratamientos.

ANEXOS 21. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO DEL OLOR

Tabla 48

Tabla de medias del atributo de olor con intervalos de confianza del 95,0%

Formulación	Casos	Media	Error	Límite inferior	Límite superior
F0	30	3,36667	0,146522	3,07544	3,6579
F1	30	3,76667	0,146522	3,47544	4,0579
F2	30	3,4	0,146522	3,10877	3,69123
F3	30	3,53333	0,146522	3,2421	3,82456

En la tabla 48, se aprecia los promedios de la escala hedónica realizada a 30 panelistas sobre el atributo de olor. El cual la formulación F1, es la que presentó mejor promedio con 3,76 puntos (Me gusta poco), en comparación con la F0 que al parecer no presentó un buen olor, teniendo un puntaje de 3,36 puntos (Me es indiferente).

Tabla 49

Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de olor

Contraste de factores	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Diferencia significativa
F0 - F1	-	-0,4	0,41186	No existe
F0 - F2	-	-0,0333333	0,41186	No existe
F0 - F3	-	-0,166667	0,41186	No existe
F1 - F2	-	0,366667	0,41186	No existe
F1 - F3	-	0,233333	0,41186	No existe
F2 - F3	-	-0,133333	0,41186	No existe

En la tabla 49 se muestra las diferencias que existieron entre las formulaciones, el cual se tiene como resultado que, en la comparación de formulaciones, no existieron diferencia significativa, lo que indican que los encuestados no percibieron alguna diferencia entre los tratamientos, de acuerdo con el atributo de olor.

ANEXOS 22. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO DEL SABOR

Tabla 50

Tabla de medias del atributo de sabor con intervalos de confianza del 95,0%

Formulación	Casos	Media	Error	Límite inferior	Límite superior
F0	30	3,6	0,156999	3,28795	3,91205
F1	30	3,4	0,156999	3,08795	3,71205
F2	30	3,53333	0,156999	3,22128	3,84539
F3	30	3,66667	0,156999	3,35461	3,97872

En la tabla 50, se aprecia los promedios de la escala hedónica realizada a 30 panelistas sobre el atributo de sabor. El cual la formulación F3, es la que presentó mejor promedio con 3,66 puntos (Me gusta poco), en comparación con la F1 que al parecer no presentó un buen sabor, teniendo un puntaje de 3,4 puntos (Me es indiferente).

Tabla 51

Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de sabor

Contraste de factores	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Diferencia significativa
F0 - F1	-	0,2	0,441311	No existe
F0 - F2	-	0,0666667	0,441311	No existe
F0 - F3	-	-0,0666667	0,441311	No existe
F1 - F2	-	-0,133333	0,441311	No existe
F1 - F3	-	-0,266667	0,441311	No existe
F2 - F3	-	-0,133333	0,441311	No existe

En la tabla 51 se muestra las diferencias que existieron entre las formulaciones con respecto al sabor, el cual tiene como resultado que, en la comparación, no existieron diferencia significativa, lo que indican que los encuestados no percibieron alguna diferencia entre los tratamientos, de acuerdo con el atributo de sabor.

ANEXOS 23. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO DE TEXTURA

Tabla 52

Tabla de medias del atributo de textura con intervalos de confianza del 95,0%

Formulación	Casos	Media	Error	Límite inferior	Límite superior
F0	30	3,93333	0,152658	3,62991	4,23676
F1	30	2,83333	0,152658	2,52991	3,13676
F2	30	3,5	0,152658	3,19657	3,80343
F3	30	3,63333	0,152658	3,32991	3,93676

En la tabla 52, se aprecia los promedios de la escala hedónica realizada a 30 panelistas sobre el atributo de textura. El cual la formulación F0, es la que presentó mejor promedio con 3,93 puntos (Me gusta poco), en comparación con la F1 que al parecer no presentó una buena textura, teniendo un puntaje de 2,8 puntos (Me es indiferente).

Tabla 53

Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de textura

Contraste de factores	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Diferencia significativa
F0 - F1	*	1,1	0,429109	Si existe
F0 - F2	*	0,433333	0,429109	Si existe
F0 - F3	-	0,3	0,429109	No existe
F1 - F2	*	-0,666667	0,429109	Si existe
F1 - F3	*	-0,8	0,429109	Si existe
F2 - F3		-0,133333	0,429109	No existe

En la tabla 53 se muestra las diferencias que existieron entre las formulaciones, el cual se tiene como resultado que las formulaciones F0 – F1, la F0 – F2, F1 – F2 y F1 – F3, si presentaron diferencia significativa. Lo que indica que los encuestados si percibieron alguna diferencia entre aquellos tratamientos.

ANEXOS 24. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO DE APARIENCIA

Tabla 54

Tabla de medias del atributo de apariencia con intervalos de confianza del 95,0%

Formulación	Casos	Media	Error	Límite inferior	Límite superior
F0	30	3,96667	0,16157	3,64553	4,2878
F1	30	3,63333	0,16157	3,3122	3,95447
F2	30	3,93333	0,16157	3,6122	4,25447
F3	30	4,2	0,16157	3,87886	4,52114

En la tabla 54, se aprecia los promedios de la escala hedónica realizada a 30 panelistas sobre el atributo de apariencia. El cual la formulación F3, es la que presentó mejor promedio con 4,2 puntos (Me gusta mucho), en comparación con F1 que presentó menor puntaje con 3,6 puntos (Me gusta poco).

Tabla 55

Pruebas de diferencias de formulaciones para el atributo de apariencia

Contraste de factores	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Diferencia significativa
F0 - F1	-	0,333333	0,454157	No existe
F0 - F2	-	0,0333333	0,454157	No existe
F0 - F3	-	-0,233333	0,454157	No existe
F1 - F2	-	-0,3	0,454157	No existe
F1 - F3	*	-0,566667	0,454157	Si existe
F2 - F3	-	-0,266667	0,454157	No existe

En la tabla 55 se muestra las diferencias que existieron entre las formulaciones, el cual se tiene como resultado que las formulaciones F1 – F3, si presentaron diferencia significativa. Lo que indica que los encuestados si percibieron alguna diferencia entre aquellos tratamientos.



ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2023



Siendo las 11:00 am del día miércoles 27 de diciembre del 2023, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: **"Análisis de textura por método instrumental y aceptabilidad de galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango."**; designados Res. N°328-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 22 de setiembre del 2022 y aprobada con Res. N°362-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 26 de octubre del 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- Dra. Noemi Leon Roque – Presidente
- Dr. Ivan Pedro Coronado Zuloeta – Secretario
- M.Sc. Manuel Antonio Diaz Paredes – Vocal.

La tesis fue asesorada por el Dr. Abraham G. Ygnacio Santa Cruz y la Dra. Liz Amelia Juanitaflor Morales Cabrera, nombrados por Res. N°304-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 14 de setiembre del 2023. El acto de sustentación es autorizado con Res. N°417-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 12 de diciembre del 2023.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: **ROQUE PARI JAVIER Y VARGAS FINAFLOR PEDRO GUSTAVO**; y tuvo una duración de 60 minutos.


Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 17 (Diecisiete) en la escala vigesimal, mención Bueno.


Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.


Siendo las 12:00 p.m. se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas


Presidente
Dra. NOEMI LEON ROQUE


Vocal
M.Sc. MANUEL ANTONIO DIAZ PAREDES


Secretario
Dr. IVAN PEDRO CORONADO ZULOETA


Asesor
Dr. ABRAHAM G. YGNACIO SANTA CRUZ


Asesora metodológica
Dra. LIZ AMELIA JUANITAFLORES MORALES CABRERA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz**, docente asesor del trabajo de investigación, de los Bachilleres

Vargas Finaflor, Pedro Gustavo

Roque Pari, Javier

Titulada:

Análisis de textura por método instrumental y aceptabilidad de galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizo dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio.

A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 17 de enero del 2024


Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
DNI 32908942
Asesor

Análisis de textura por método instrumental y aceptabilidad de galletas libres de gluten, con garbanzo, quinua, cáscaras de huevo y mango

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

4

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

revistas.unisucree.edu.co

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unaj.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

es.scribd.com

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

P. y z...

9	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
11	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
12	1library.co Fuente de Internet	<1 %
13	bibliotecas.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
18	literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	

P. y gonzalez

<1 %

21

repositorio.ute.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

22

avesdecorral.online

Fuente de Internet

<1 %

23

www.mayoclinic.org

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

repositorio.unas.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

26

Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Trabajo del estudiante

<1 %

27

dspace.ueb.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Universidad Politécnica Estatal de Carchi

Trabajo del estudiante

<1 %

29

Submitted to Unviersidad de Granada

Trabajo del estudiante

<1 %

30

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

P. y z...

31	bdigital.zamorano.edu Fuente de Internet	<1 %
32	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
33	Fiket, Z.. "Arsenic and other trace elements in wines of eastern Croatia", Food Chemistry, 20110601 Publicación	<1 %
34	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
35	www.lavanguardia.com Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
38	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
39	www.alanrevista.org Fuente de Internet	<1 %
40	www.tandfonline.com Fuente de Internet	<1 %
41	dimetilsulfuro.es Fuente de Internet	<1 %

P. y Z. 2011

42	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to ueb Trabajo del estudiante	<1 %
44	dspace.uazuay.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
45	m.repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	digital-library.ulbsibiu.ro Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
50	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
52	www.nieuwsblad.be Fuente de Internet	<1 %
53	LQ A - CONSULTORIA Y PROYECTOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA	<1 %

P. y z...

CERRADA. "ITS para la Modernización del Sistema de Telecomunicación y Control (Fibra Óptica) entre las Subestaciones Gloria - Moyopampa (L-6011/6020, L-6031/655, L-2001/2002, L-6031/6040) y Retiro de Torres T74/T75 de L-6011/6020-IGA0020396", R.D. N° 0118-2022-MINEM/DGAAE , 2022

Publicación

54

repositorio.chapingo.edu.mx

Fuente de Internet

<1 %

55

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

56

Submitted to Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía

Trabajo del estudiante

<1 %

57

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

58

repository.poltekkesbengkulu.ac.id

Fuente de Internet

<1 %

59

SOTELO ALCANTARA BERTHA CAROLINA.
"Ampliación Complementaria del Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos del Botadero Villa Mantaro y Villa Hermosa-IGA0014817", R.G.S.P. N° 363-2021-MPH/GSP, 2021

Publicación

<1 %

redmidia.com

P. y zancos

60	Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	repository.ean.edu.co Fuente de Internet	<1 %
64	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
65	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
66	repositorio.unicach.mx Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

P. y z...





Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Vargas Finaflor, Pedro Gustavo Roque Pari, Javier
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Análisis de textura por método instrumental y aceptabilidad...
Nombre del archivo: Tesis_de_galletas_sin_gluten_FINAL_-_1_1_1_1.docx
Tamaño del archivo: 18.31M
Total páginas: 146
Total de palabras: 23,950
Total de caracteres: 130,489
Fecha de entrega: 17-ene.-2024 10:17a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2272561783



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias

TESIS

"Análisis de textura por método instrumental y aceptabilidad de galletas
libres de gluten, con garbanzo, quinoa, cáscaras de huevo y mango"

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero de Industrias Alimentarias

AUTORES
Vargas Finaflor, Pedro Gustavo
Roque Pari, Javier

ASESOR ESPECIALISTA
Dr. Ygnacio Santa Cruz, Abraham Guillermo

ASESORA METODOLÓGICA
Dra. Morales Cabrera, Liz Amelia Juanitaflor

Lambayeque, Perú
2023

P. y J. 2024