

# **UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA DE ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN,  
HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y HARINA DE YACÓN  
(*Smallanthus sonchifolius*) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA  
FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FUNCIONAL

## **TESIS**

Presentada por:

Bach. Fredy David Quenaya Layme

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TACNA – PERÚ

2026

# UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

### Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA DE ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN, HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y HARINA DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FUNCIONAL

Tesis sustentada y aprobada el 12 de diciembre del 2025, estando conformado por el Jurado Calificador por:

Presidente : .....

Dra. Liliana del Carmen Lanchipa Bergamini.

Secretario : .....

Dr. Abrahan Erasmo Apaza Canqui

Vocal : .....

MSc. Norman Tomás Delgado Cabrera

Asesor : .....

MSc. Norman Tomás Delgado Cabrera

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Norman Tomás Delgado Cabrera**, en mi condición de Asesor acreditado mediante RESOLUCIÓN DE FACULTAD N° 7128 – 2022 – FCAG, de la tesis titulada:

**“OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA DE ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN, HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y HARINA DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FUNCIONAL”**. Presentado por el Bachiller **Fredy David Quenaya Layme** para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizados a través del software de similitud intelectual **TURNITIN**, cuenta con el nivel de similitud del 7 %.

Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD DE LA TESIS** está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado con la finalidad de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

**MSc. Norman Tomás Delgado Cabrera**  
**DNI: 00419484**



**Bach. Fredy David Quenaya Layme**  
**DNI: 42724588**



## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis, en primer lugar, a Jesucristo, quien en mi noche más oscura me recordó que “la luz brilla en las tinieblas, y las tinieblas no la vencieron” (Juan 1:5).*

*A mis padres, por su invaluable apoyo emocional desde el primer día hasta la culminación de esta investigación, cuya confianza y aliento fueron fundamentales para alcanzar este logro.*

## AGRADECIMIENTOS

*Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas, nacionales e internacionales, especialmente de Uruguay y Argentina, que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo y culminación de esta tesis.*

*A mis asesores: Msc. Norman Tomás Delgado Cabrera y Msc. Linley Salomón Vega Vega, por su valiosa orientación, paciencia y dedicación durante todo el proceso de investigación.*

*A la UNJBG a través de la Dirección de Gestión de la Investigación, por la fuente de financiamiento: Canon, Sobre canon y Regalías mineras.*

*Finalmente, a mis amigos y compañeros, por su incondicional apoyo emocional y académico, cuya compañía y aliento fueron fundamentales en esta etapa de mi vida.*

## CONTENIDO

|                                                             |              |
|-------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>DEDICATORIA.....</b>                                     | <b>iv</b>    |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>                                | <b>v</b>     |
| <b>CONTENIDO .....</b>                                      | <b>vi</b>    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>                               | <b>xi</b>    |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                                | <b>xiii</b>  |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>                               | <b>xvi</b>   |
| <b>RESUMEN.....</b>                                         | <b>xviii</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                       | <b>xix</b>   |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                   | <b>1</b>     |
| <b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA .....</b>                        | <b>5</b>     |
| <b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>                | <b>5</b>     |
| <b>1.2. Formulación y sistematización del problema.....</b> | <b>8</b>     |
| 1.2.1. Problema general .....                               | 8            |
| 1.2.2. Problemas específicos.....                           | 8            |
| <b>1.3. Delimitación de la investigación .....</b>          | <b>9</b>     |
| 1.3.1. Delimitación temporal .....                          | 9            |
| 1.3.2. Delimitación espacial.....                           | 9            |
| 1.3.3. Delimitación teórica.....                            | 10           |
| <b>1.4. Justificación.....</b>                              | <b>11</b>    |
| <b>1.5. Limitaciones .....</b>                              | <b>13</b>    |
| <b>1.6. Objetivos.....</b>                                  | <b>13</b>    |
| 1.6.1. Objetivo general.....                                | 13           |
| 1.6.2. Objetivos específicos .....                          | 13           |

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>                         | <b>15</b> |
| <b>2.1. Hipótesis generales y específicas .....</b>                     | <b>15</b> |
| <b>2.1.1. <i>Hipótesis general</i> .....</b>                            | <b>15</b> |
| <b>2.1.2. <i>Hipótesis específicas.</i> .....</b>                       | <b>15</b> |
| <b>2.2. Diagrama de variables .....</b>                                 | <b>17</b> |
| <b>2.3. Indicadores de las variables.....</b>                           | <b>20</b> |
| <b>2.4. Operacionalización de las variables.....</b>                    | <b>21</b> |
| <b>CAPÍTULO III: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>                        | <b>22</b> |
| <b>3.1. Conceptos generales y definiciones .....</b>                    | <b>22</b> |
| 3.1.1. Alimentos funcionales .....                                      | 22        |
| 3.1.2. Galleta.....                                                     | 23        |
| 3.1.3. Diseño experimental de mezclas .....                             | 23        |
| <b>3.2. Enfoques teóricos – técnicos .....</b>                          | <b>24</b> |
| 3.2.1. Aceite de oliva extra virgen (AOEV) .....                        | 24        |
| 3.2.2. Harina de kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> ) .....           | 25        |
| 3.2.3. Harina de yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) .....        | 26        |
| 3.2.4. Estabilidad térmica de compuestos bioactivos del AOEV .....      | 27        |
| 3.2.5. Estabilidad térmica de compuestos bioactivos de la kiwicha ..... | 27        |
| 3.2.6. Estabilidad térmica de compuestos bioactivos del yacón.....      | 27        |
| 3.2.7. Mejoramiento de la formulación de una galleta funcional .....    | 28        |
| 3.2.8. Optimización de la mezcla.....                                   | 28        |
| 3.2.9. Calidad sensorial.....                                           | 29        |
| 3.2.10. Calidad físico-química.....                                     | 29        |

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3.3. Marco referencial .....</b>                                                  | <b>30</b> |
| 3.3.1. Componentes y propiedades funcionales de los ingredientes. 30                 |           |
| 3.3.2. Estudios previos (antecedentes).....                                          | 30        |
| 3.3.3. Efectos sensoriales específicos .....                                         | 34        |
| <b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>                            | <b>36</b> |
| <b>4.1. Tipo de investigación .....</b>                                              | <b>36</b> |
| 4.1.1. Tipo y nivel de investigación.....                                            | 36        |
| <b>4.2. Diseño de la investigación .....</b>                                         | <b>36</b> |
| <b>4.3. Procedimiento de la investigación .....</b>                                  | <b>38</b> |
| 4.3.1. Diseño procedimental .....                                                    | 38        |
| 4.3.2. Proceso de ejecución del experimento.....                                     | 40        |
| <b>4.4. Población y muestra .....</b>                                                | <b>43</b> |
| 4.4.1. Población .....                                                               | 43        |
| 4.4.2. Muestra .....                                                                 | 44        |
| <b>4.5. Materiales y métodos.....</b>                                                | <b>46</b> |
| 4.5.1. Materiales y equipos para la formulación de galletas<br>funcionales.....      | 46        |
| 4.5.2. Métodos de análisis utilizados .....                                          | 50        |
| 4.5.2.1. Métodos de análisis para la materia prima .....                             | 50        |
| 4.5.2.2. Métodos de análisis para muestras preliminares y formulación<br>óptima..... | 51        |
| a. Análisis físico-químico.....                                                      | 51        |
| b. Análisis microbiológico (complementario) .....                                    | 56        |
| c. Análisis de evaluación sensorial.....                                             | 57        |

|                                                        |                                                                                                               |           |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| d.                                                     | Análisis estadísticos.....                                                                                    | 58        |
| <b>CAPÍTULO V: TRATAMIENTOS DE LOS RESULTADOS.....</b> |                                                                                                               | <b>59</b> |
| <b>5.1.</b>                                            | <b>Técnicas aplicadas en la recolección de la información. ....</b>                                           | <b>59</b> |
| 5.1.1.                                                 | Instrumentos de medición.....                                                                                 | 60        |
| 5.1.2.                                                 | Técnicas sensoriales.....                                                                                     | 61        |
| 5.1.3.                                                 | Técnicas analíticas .....                                                                                     | 61        |
| <b>5.2.</b>                                            | <b>Resultados y discusión.....</b>                                                                            | <b>62</b> |
| 5.2.1.                                                 | Resultados de características físico-químicas de muestras<br>preliminares. ....                               | 62        |
| 5.2.2.                                                 | Resultado total de las características físicas-químicas de<br>muestras preliminares.....                      | 67        |
| 5.2.3.                                                 | Resultados de características sensoriales de muestras<br>preliminares....                                     | 70        |
| 5.2.4.                                                 | Resultados del diseño experimental de mezclas y optimización<br>de la formulación.....                        | 80        |
| 5.2.5.                                                 | Efectos de los componentes de la mezcla sobre las principales<br>respuestas.....                              | 83        |
| 5.2.6.                                                 | Fórmula optimizada para la galleta según Función<br>Deseabilidad (Fd)....                                     | 98        |
| 5.2.7.                                                 | Resultados físico-químicos y microbiológicos de la<br>formulación óptima (producto optimizado). ....          | 100       |
| 5.2.8.                                                 | Resultados de análisis sensorial de la formulación óptima<br>(producto optimizado) .....                      | 102       |
| 5.2.9.                                                 | Resultados complementarios de análisis microbiológico de la<br>formulación óptima (producto optimizado) ..... | 104       |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| <b>5.3. DISCUSIÓN .....</b>             | <b>106</b> |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>               | <b>111</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>            | <b>113</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>115</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                     | <b>124</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Diagrama de variables independientes (X) y variables dependientes (Y). .....                               | 17 |
| <b>Figura 2.</b> Aceite de oliva extra virgen de la región Tacna.....                                                       | 25 |
| <b>Figura 3.</b> La imagen muestra la harina de kiwicha envasada. ....                                                      | 25 |
| <b>Figura 4.</b> Harina de yacón envasada por 100 g.....                                                                    | 26 |
| <b>Figura 5.</b> Flujograma de elaboración de las muestras preliminares de galleta funcional.....                           | 39 |
| <b>Figura 6.</b> Aceite de oliva extra virgen de procedencia de sector La Yarada .....                                      | 47 |
| <b>Figura 7.</b> Harina de kiwicha .....                                                                                    | 47 |
| <b>Figura 8.</b> Harina de yacón de la empresa Ecoandino .....                                                              | 48 |
| <b>Figura 9.</b> Puntaje promedio de la evaluación sensorial de atributos de la galleta .....                               | 73 |
| <b>Figura 10.</b> Ordenamiento de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial del olor de la galleta funcional. ....  | 76 |
| <b>Figura 11.</b> Ordenamiento de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial del color de la galleta funcional.....  | 77 |
| <b>Figura 12.</b> Ordenamiento de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial del sabor de la galleta funcional. .... | 78 |

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 13.</b> Ordenamiento de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial de la textura de la galleta funcional. .... | 79 |
| <b>Figura 14.</b> Efectos principales para la respuesta textura. ....                                                           | 83 |
| <b>Figura 15.</b> Curva de contorno de aceptabilidad de la textura. ....                                                        | 85 |
| <b>Figura 16.</b> Efectos principales para la respuesta olor. ....                                                              | 86 |
| <b>Figura 17.</b> Curva de contorno de aceptabilidad de olor.....                                                               | 88 |
| <b>Figura 18.</b> Efectos principales para la respuesta color. ....                                                             | 90 |
| <b>Figura 19.</b> Curva de contorno de aceptabilidad de color.....                                                              | 92 |
| <b>Figura 20.</b> Efectos principales para la respuesta sabor.....                                                              | 94 |
| <b>Figura 21.</b> Curva de contorno de aceptabilidad de sabor. ....                                                             | 96 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Optimización numérica para la determinación de los componentes de la mezcla que optimizaron la respuesta color, olor, sabor y textura de la galleta funcional. ....                                                                                                        | 37 |
| <b>Tabla 2.</b> Condiciones experimentales para la optimización de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> ) y harina de yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional. .... | 45 |
| <b>Tabla 3.</b> Lista de equipos o instrumentos utilizados. ....                                                                                                                                                                                                                           | 49 |
| <b>Tabla 4.</b> Composición nutricional estimada de la harina de kiwicha cruda según las tablas peruanas de composición de alimentos (INS, 2023) ....                                                                                                                                      | 50 |
| <b>Tabla 5.</b> Ensayos y métodos de análisis físico-químicos utilizados en las muestras preliminares. ....                                                                                                                                                                                | 52 |
| <b>Tabla 6.</b> Ensayos y métodos de análisis físico-químicos utilizados en las muestras preliminares. ....                                                                                                                                                                                | 53 |
| <b>Tabla 7.</b> Ensayos y métodos de análisis físico-químicos utilizados en la formulación óptima. ....                                                                                                                                                                                    | 55 |
| <b>Tabla 8.</b> Ensayos y métodos de análisis físico-químicos utilizados en la formulación óptima. ....                                                                                                                                                                                    | 56 |

|                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 9.</b> Ensayos y métodos de análisis microbiológicos utilizados en la formulación óptima (ensayos complementarios) .....                                                          | 57 |
| <b>Tabla 10.</b> Instrumentos de medición para las variables dependientes (físicas, químicas y sensoriales) .....                                                                          | 60 |
| <b>Tabla 11.</b> Resultado de humedad en base seca y humedad en base húmeda de los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional). ....                                      | 62 |
| <b>Tabla 12.</b> Resultados de pH y acidez total para los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional). ....                                                               | 64 |
| <b>Tabla 13.</b> Resultados de densidad aparente y densidad absoluta para los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).....                                            | 65 |
| <b>Tabla 14.</b> Resultado total de la composición físico-química para los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).....                                               | 67 |
| <b>Tabla 15.</b> Resultado total de la composición físico-química para los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).....                                               | 68 |
| <b>Tabla 16.</b> Valores máximos y mínimos de los resultados físico-químicos de los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional). ....                                     | 69 |
| <b>Tabla 17.</b> Resultado total de la evaluación sensorial de los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional), realizados por un panel de 31 jueces semientrenados. .... | 71 |

|                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 18.</b> Valores promedios mínimos y máximos para cada atributo sensorial.....                                                                                            | 74  |
| <b>Tabla 19.</b> Coeficientes de los efectos de los componentes que tienen efectos sobre las respuestas del estudio galleta funcional .....                                       | 81  |
| <b>Tabla 20.</b> Optimización numérica de la mezcla para la determinación de los parámetros de elaboración de galleta funcional. ....                                             | 98  |
| <b>Tabla 21.</b> Valores óptimos para la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón. ....                                                        | 99  |
| <b>Tabla 22.</b> Resultados físico-químicos (proximal) de la formulación óptima de la galleta funcional. ....                                                                     | 100 |
| <b>Tabla 23.</b> Resultado de características físico-químicas de la formulación óptima de la galleta funcional. ....                                                              | 101 |
| <b>Tabla 24.</b> Resultados de la evaluación sensorial de los atributos de la formulación óptima de la galleta funcional realizado por un panel de 31 jueces semientrenados. .... | 102 |
| <b>Tabla 25.</b> Resultados complementarios de la evaluación microbiológica de la formulación óptima de la galleta funcional.....                                                 | 104 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Anexo 1.</b> Matriz de consistencia del trabajo de investigación (Figura A1).....                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>124</b> |
| <b>Anexo 2.</b> Operacionalización de variables (Figura A2).....                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>125</b> |
| <b>Anexo 3.</b> Diseño de mezcla para optimización de la galleta (Figura A3) .....                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>126</b> |
| <b>Anexo 4.</b> Ficha de prueba hedónica de escala estructurada (Figura A4).....                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>127</b> |
| <b>Anexo 5.</b> Análisis estadístico de la aceptabilidad sensorial de la galleta funcional elaborada con la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> ) y harina de yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funciona (Figura A5) ..... | <b>128</b> |
| <b>Anexo 6.</b> Ensayo experimental artesanal (Figura A6).....                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>130</b> |
| <b>Anexo 7.</b> Ensayos experimentales de las muestras preliminares a nivel de laboratorio (Figura A7).....                                                                                                                                                                                                                                 | <b>131</b> |
| <b>Anexo 8.</b> Ensayos experimentales de muestra optimizada a nivel de laboratorio (Figura A8) .....                                                                                                                                                                                                                                       | <b>132</b> |
| <b>Anexo 9.</b> Etiqueta y envoltura del prototipo de galleta funcional optimizado (producto optimizado) (Figura A9) .....                                                                                                                                                                                                                  | <b>133</b> |

|                                                                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Anexo 10.</b> Ficha técnica de los ingredientes de la galleta (harina de yacón y aceite de oliva extra virgen) (Figura A10) .....                                                                  | <b>134</b> |
| <b>Anexo 11.</b> Norma técnica peruana panadería, pastelería y galletería. Galletas. Requisitos (NTP 206.001, 2. <sup>a</sup> ed.), Instituto nacional de calidad – INACAL (2016) - (Figura A11)..... | <b>140</b> |

## RESUMEN

En el contexto del aumento de enfermedades crónicas no transmisibles en Tacna, Perú, se requieren alternativas alimentarias funcionales, sin gluten y con grasas saludables. El objetivo fue optimizar la mezcla de aceite de oliva extra virgen (AOEV), harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) para mejorar la formulación de una galleta funcional. Se realizó una investigación experimental de enfoque cuantitativo, con diseño de mezclas I-Optimal (16 tratamientos). La muestra incluyó 16 formulaciones de muestras preliminares evaluadas por un panel sensorial de 31 jueces semientrenados; se aplicaron análisis físico-químicos y sensorial (escala hedónica de 1–9). La formulación óptima (17,70 % AOEV; 29,30 % kiwicha; 13,00 % yacón) logró 8,90 % proteína, 6,33 % fibra cruda, 26,21 % lípidos y bajo índice de peróxidos (3,34 meq/kg). Sensorialmente, obtuvo promedios de 5,90 en olor, 5,39 en color, 5,29 en sabor y 5,13 en textura. El producto es estable durante 30 días a temperatura ambiente (20°C–25 °C) y cumple con la normativa MINSA RM N° 1020-2010. Se concluye que la mezcla optimizada permite desarrollar una galleta funcional viable, con perfil nutricional mejorado y aceptabilidad sensorial moderada.

**Palabras clave:** Aceite de oliva extra virgen; kiwicha; yacón; galleta funcional; optimización de mezclas.

## ABSTRACT

In the context of the rising prevalence of non-communicable chronic diseases in Tacna, Peru, functional food alternatives that are gluten-free and contain healthy fats are required. The objective of this study was to optimize the mixture of extra virgin olive oil (EVOO), kiwicha flour (*Amaranthus caudatus*), and yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*) to improve the formulation of a functional cookie.

An experimental study with a quantitative approach was conducted using an I-optimal mixture design (16 treatments). The sample consisted of 16 preliminary formulations evaluated by a sensory panel of 31 semi-trained judges. Physicochemical and sensory analyses were performed, using a 9-point hedonic scale. The functional formulation (17,70% EVOO; 29,30% kiwicha; 13,00% yacon) achieved 8,90% protein, 6,33% crude fiber, 26,21% lipids, and a low peroxide value (3,34 meq/kg). Sensory evaluation yielded mean scores of 5,90 for aroma, 5,39 for color, 5,29 for taste, and 5,13 for texture.

The product remained stable for 30 days at room temperature (20–25°C) and complies with MINSA regulation RM No. 1020-2010. It is concluded that the optimized mixture enables the development of a viable functional cookie with an improved nutritional profile and moderate sensory acceptability.

**Keywords:** extra virgin olive oil; kiwicha; yacon; functional cookie; mixture optimization.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la industria alimentaria ha experimentado una transformación significativa en respuesta a la creciente demanda de alimentos que no solo satisfagan el paladar, sino que también aporten beneficios a la salud. En este contexto, los alimentos funcionales, definidos como aquellos que, además de su valor nutricional básico, contienen componentes bioactivos capaces de generar efectos fisiológicos positivos y contribuir a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas, han cobrado relevancia estratégica en el ámbito alimentario (Cortés et al., 2005). Las galletas, tradicionalmente consideradas productos de consumo recreativo con alto contenido calórico y bajo valor nutricional, representan una oportunidad clave para la innovación mediante la incorporación de insumos enriquecidos o fortificados. La formulación de una galleta con bondades nutricionales requiere, necesariamente, una mezcla equilibrada de insumos estratégicos que aporten fibra dietética, proteínas de alto valor biológico, ácidos grasos esenciales, antioxidantes naturales, vitaminas y/o minerales, sin comprometer su calidad sensorial ni su vida útil.

La fortificación de productos horneados con ingredientes como harinas integrales, legumbres, pseudocereales (quinoa), tubérculos funcionales, frutas y subproductos agroindustriales ricos en fibra ha sido ampliamente documentada en la literatura científica reciente. Por ejemplo, Banu et al. (2025) reportan que la

incorporación de avena, quinua e inulina en la formulación de galletas funcionales mejora significativamente el perfil nutricional del producto, optimizando su contenido de fibra dietética y manteniendo niveles adecuados de aceptación sensorial. De manera similar, Chopra et al. (2018) demostraron que la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de quinua y batata incrementa el contenido de proteínas y fibra dietética en galletas, sin afectar negativamente sus propiedades sensoriales, lo cual resulta relevante para el desarrollo de alimentos orientados a una alimentación más saludable.

Sin embargo, el diseño de una mezcla óptima de insumos no es un proceso trivial. Las interacciones físico-químicas entre los ingredientes, como la absorción de agua, la estructura de la masa y los cambios inducidos durante el horneado, pueden influir directamente en las propiedades tecnológicas y sensoriales del producto final. En este sentido, estudios como el de Brito et al. (2015) evidencian que el uso de diseños experimentales en la formulación de galletas a base de quinua permite optimizar simultáneamente características nutricionales y sensoriales, resaltando la necesidad de un enfoque multidisciplinario que integre conocimientos de tecnología de alimentos, nutrición y análisis sensorial.

Recientemente, diversas investigaciones académicas también han abordado este desafío desde un enfoque aplicado. Por ejemplo, la tesis desarrollada por

Aguirre & Echevarría (2024), evaluó la formulación de galletas funcionales elaboradas con harina de avena y harina de arracacha, concluyendo que estas mezclas permiten mejorar el contenido de fibra dietética y el valor nutricional del producto sin afectar negativamente su aceptabilidad sensorial. Asimismo, (Córdova & García, 2021), demostraron que la incorporación de fibra dietética proveniente de cáscaras de piña y naranja en galletas funcionales incrementa significativamente su contenido de fibra, aportando valor agregado mediante el aprovechamiento de subproductos agroindustriales.

De manera complementaria, investigaciones como la de Granados et al. (2021), evidencian la viabilidad tecnológica y nutricional de la elaboración de galletas funcionales a base de harina de yacón, destacando su aporte de compuestos bioactivos y su potencial como alimento funcional. Estos antecedentes confirman que la selección adecuada y la combinación sinérgica de insumos funcionales permiten desarrollar productos horneados con propiedades nutricionales mejoradas y aceptación sensorial adecuada.

En consecuencia, el desarrollo de una galleta con bondades nutricionales exige una selección rigurosa y una combinación sinérgica de insumos, respaldada por evidencia científica actual y accesible. Esta tesis busca contribuir al campo mediante el diseño, caracterización y evaluación de una mezcla innovadora de

ingredientes para la elaboración de una galleta funcional con propiedades nutricionales mejoradas, alineada con las tendencias del consumidor moderno y los desafíos de la salud pública global.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad, el aumento de enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares ha impulsado la demanda de alimentos que, más allá de su valor calórico, aporten beneficios fisiológicos adicionales. Este contexto ha potenciado el desarrollo de alimentos funcionales, definidos como aquellos que contienen componentes bioactivos capaces de mejorar funciones corporales o reducir el riesgo de enfermedades (Vidal, 2008; Martirosyan & Singh, 2015).

Las galletas, tradicionalmente elaboradas con harina de trigo (fuente de gluten), azúcares refinados y grasas saturadas, representan un reto tecnológico y nutricional para su transformación en productos funcionales. En la región de Tacna, no existe actualmente una galleta comercial que ofrezca una alternativa segura y nutritiva para poblaciones vulnerables, como personas con enfermedad celíaca, diabetes o sobrepeso/obesidad, quienes requieren productos sin gluten, bajos en azúcares simples y formulados con grasas saludables.

Ante esta brecha, se propone una formulación y mezcla para el desarrollo de una galleta funcional innovadora, mediante la sustitución estratégica de ingredientes convencionales por tres componentes nacionales con alto potencial funcional:

Harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), pseudocereal andino libre de gluten, rico en proteínas de alto valor biológico, fibra dietética y minerales (Martínez-López et al., 2020; Yupanqui, 2023).

La harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es rica en fructooligosacáridos e inulina, carbohidratos no digeribles con efecto prebiótico, asociados a una respuesta glicémica reducida en alimentos funcionales (Coronado & Salazar, 2016; Silva et al., 2024).

Aceite de oliva extra virgen, producido localmente en Tacna, rico en ácido oleico y compuestos fenólicos con efectos antioxidantes y cardioprotectores (González & Guamán, 2023; Montaña et al., 2021). Sin embargo, el éxito de esta formulación no depende simplemente de la inclusión de estos ingredientes, sino de la optimización de su proporción en la mezcla. La interacción físico-química entre ellos durante el mezclado, el laminado y el horneado influye directamente en la estructura del producto, su estabilidad térmica, la retención de compuestos

bioactivos y, fundamentalmente, en su aceptabilidad sensorial (Contreras et al., 2021; Cordova & García, 2021).

Estudios previos han demostrado que la inclusión de harina de yacón hasta en un 30 % mejora la aceptabilidad sensorial en galletas (Granados et al., 2021), y que la harina de kiwicha incrementa el contenido proteico y de fibra en productos horneados sin comprometer drásticamente su textura (Capurro & Huerta, 2016). No obstante, la combinación simultánea de estos ingredientes con aceite de oliva extra virgen un lípido no convencional en galletería no ha sido estudiada mediante un enfoque de optimización de mezclas que considere sus interacciones multivariadas.

Por ello, es necesario abordar científicamente la formulación como una mezcla restringida, en la que los porcentajes de aceite de oliva (10–30 %), harina de kiwicha (20–40 %) y harina de yacón (10–30 %) se ajusten sistemáticamente para alcanzar un equilibrio entre propiedades nutricionales, calidad sensorial y estabilidad tecnológica. Este enfoque, sustentado en metodologías de diseño experimental de mezclas y función de deseabilidad, permite identificar la combinación óptima que maximice los atributos clave del producto final (Cornell, 2011; Stat-Ease, Inc., 2025).

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la proporción óptima de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles son las proporciones óptimas de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) que permiten obtener la formulación óptima de una galleta funcional?
- b. ¿Cómo influye la interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en las características físico-químicas de la galleta funcional?
- c. ¿Cómo influye la interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en las características sensoriales de la galleta funcional?

### **1.3. Delimitación de la investigación**

#### **1.3.1. Delimitación temporal**

La presente investigación se desarrolló en un periodo que comprendió las siguientes etapas: revisión bibliográfica, diseño experimental, formulación y elaboración de las galletas, análisis físico-químicos, evaluación sensorial y optimización de la mezcla mediante la función de deseabilidad. Finalmente, de forma complementaria se realizó el análisis microbiológico en la formulación óptima,

#### **1.3.2. Delimitación espacial**

El estudio se realizó en la ciudad de Tacna, Perú, específicamente en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG). Los ingredientes principales, aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón, fueron adquiridos de proveedores locales y nacionales que cuentan con registro sanitario vigente. Los análisis físico-químicos y los análisis microbiológicos complementarios de la fórmula óptima, se realizaron en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María, en la ciudad de Arequipa, con el fin de garantizar la trazabilidad y confiabilidad de los resultados.

### **1.3.3. Delimitación teórica**

La investigación se enmarca conceptual y metodológicamente en la optimización de formulaciones mediante diseños experimentales de mezclas. Se consideraron exclusivamente tres ingredientes funcionales como variables del estudio: aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), cuyas proporciones suman el 60 % de la formulación total.

El 40 % restante de la receta corresponde a ingredientes en proporciones constantes, conformado por: stevia líquida, esencia de vainilla líquida, sal, polvo de hornear, harina de nopal, canela en polvo y huevo fresco, los cuales no se modificaron durante el experimento. Los tres ingredientes variables se evaluaron dentro de los rangos establecidos: 10–30 % para el aceite de oliva extra virgen, 20–40 % para la harina de kiwicha y 10–30 % para la harina de yacón.

La evaluación del producto se limitó a análisis físico-químicos como: humedad, cenizas, pH, fibra cruda, densidad aparente, densidad absoluta, acidez titulable, índice de peróxidos, proteínas, lípidos y carbohidratos y a los análisis sensoriales de los atributos: olor, color, sabor y textura. Adicionalmente, se realizó un análisis microbiológico complementario únicamente a la formulación óptima, de

acuerdo con los parámetros establecidos en la Norma Sanitaria MINSA RM N° 1020-2010.

#### **1.4. Justificación**

El creciente incremento de enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, la diabetes tipo 2 y las afecciones cardiovasculares, ha generado una demanda creciente por alimentos que trasciendan su función nutricional básica para ofrecer beneficios fisiológicos comprobados (Granato et al., 2014).

La galleta, un alimento ampliamente consumido, tradicionalmente se elabora con harina de trigo (fuente de gluten), azúcares refinados y grasas saturadas, lo que la convierte en un producto poco adecuado para personas con celiaquía, diabetes o sobrepeso. La reformulación de este tipo de productos mediante ingredientes locales con propiedades funcionales representa una oportunidad para la innovación alimentaria (Contreras et al., 2021). La harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) destaca por su contenido de proteínas completas, fibra dietética y minerales, además de ser libre de gluten, mientras que la harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) aporta fructooligosacáridos e inulina, compuestos prebióticos con bajo índice glucémico (Minchola-Castañeda et al., 2022). Complementariamente, el aceite de oliva extra virgen, producido en Tacna, es rico en ácido oleico y compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes y cardioprotectoras (Montaña et al, 2021).

No obstante, la inclusión simultánea de estos ingredientes en una matriz de galleta requiere un enfoque sistemático de optimización. Estudios recientes indican que la proporción y la interacción entre ingredientes afectan significativamente las propiedades físico-químicas, la estabilidad térmica y la aceptabilidad sensorial del producto final (Córdova & García, 2021). Si bien se han evaluado individualmente estos ingredientes en productos horneados, no existen investigaciones que aborden su combinación mediante diseños experimentales de mezclas que permitan identificar la formulación óptima desde una perspectiva multivariada.

Esta investigación se justifica científica y socialmente al contribuir con una alternativa alimentaria innovadora, saludable y enraizada en la biodiversidad andina. Desde el punto de vista tecnológico, la aplicación de la metodología de superficies de respuesta y la función de deseabilidad (Cornell, 2011) permitirá establecer relaciones cuantitativas entre las variables de formulación y los atributos del producto, optimizando así la relación entre calidad nutricional, estabilidad y aceptación sensorial. Finalmente, el uso de ingredientes locales promueve la soberanía alimentaria, el aprovechamiento de recursos nativos y el desarrollo de la industria alimentaria regional.

## **1.5. Limitaciones**

La principal limitación fue disponer de insumos frescos, dado que la calidad del producto final depende en gran medida de los insumos utilizados. Este es el caso del aceite de oliva extra virgen, cuyo elevado poder oxidativo influye significativamente tanto en el procesamiento como en el envasado.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. *Objetivo general***

Optimizar la proporción de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional.

### **1.6.2. *Objetivos específicos***

- a. Determinar las proporciones óptimas de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) que permiten obtener la formulación óptima de una galleta funcional.
- b. Determinar la influencia de la interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en las características físico-químicas de la galleta funcional.

- c. Determinar la influencia de la interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en las características sensoriales de la galleta funcional.

## **CAPÍTULO II**

### **HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **2.1. Hipótesis generales y específicas**

##### **2.1.1. *Hipótesis general***

H: La proporción óptima de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) permite obtener la formulación óptima de una galleta funcional con características físico-químicas y sensoriales adecuadas.

##### **2.1.2. *Hipótesis específicas.***

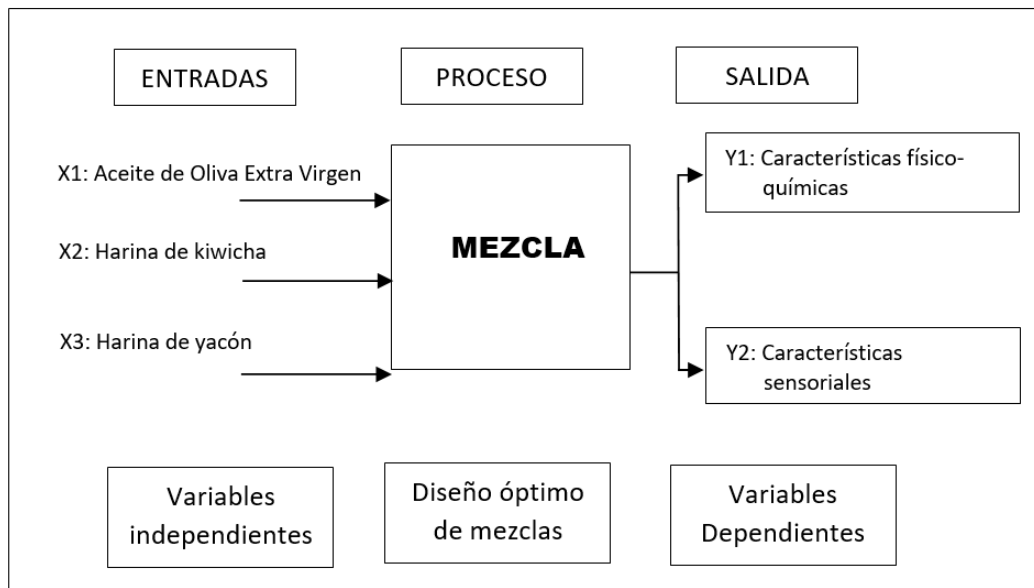
a. Las proporciones óptimas de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) permiten obtener la formulación óptima de una galleta funcional.

b. La interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) influye significativamente en las características físico-químicas de la galleta funcional.

c. La interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) influye significativamente en las características sensoriales de la galleta funcional.

## 2.2. Diagrama de variables

En esta sección se presenta un diagrama conceptual que ilustra la relación causal entre las variables del estudio. Este diagrama, mostrado en la Figura 1, sigue una estructura de entrada-proceso-salida, común en estudios de formulación y optimización de productos alimentarios. Su propósito es visualizar cómo los ingredientes controlados (variables independientes) interactúan durante el proceso de elaboración para generar las características finales del producto (variables dependientes).



**Figura 1**

*Diagrama de variables independientes (X) y variables dependientes (Y).*

Nota: Elaboración propia

**Donde:**

X1: Aceite de oliva extra virgen  $10\% \leq X1 \leq 30\%$

X2: Harina de kiwicha  $20\% \leq X2 \leq 40\%$   
(*Amaranthus caudatus*).

X3: Harina de yacón  $10\% \leq X3 \leq 30\%$   
(*Smallanthus sonchifolius*).

- a. Entradas (Variables Independientes): Representan los factores o componentes que se manipulan experimentalmente. En este estudio, son tres ingredientes funcionales cuyas proporciones se ajustaron dentro de rangos específicos:

X1: Aceite de oliva extra virgen ( $10\% \leq X1 \leq 30\%$ )

X2: Harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) ( $20\% \leq X2 \leq 40\%$ )

X3: Harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) ( $10\% \leq X3 \leq 30\%$ )

- b. Proceso: Representa la transformación de las entradas en el producto final. En este caso, el proceso central es la mezcla experimental de los tres ingredientes, llevada a cabo mediante un diseño estadístico de mezclas restringidas (I-Optimal Custom). Este proceso incluye todas las etapas de preparación de la masa, laminado, moldeo y horneado, tal como se detalla en el Capítulo IV.

- c. Salidas (Variables Dependientes): Representan las respuestas o atributos del producto final que se miden y evalúan. Estas respuestas se agrupan en tres categorías clave:

Y1: Características físico-químicas. Incluye parámetros como pH, humedad, cenizas, proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra cruda, densidad aparente, densidad absoluta, acidez total o titulable y índice de peróxidos, evaluados en todas las 16 muestras preliminares. Además, estos mismos parámetros fueron evaluados en la formulación óptima (Tratamiento 17) para su validación final.

Y2: Características sensoriales. Evalúa la aceptabilidad del producto mediante un panel de 31 jueces semientrenados, utilizando una escala hedónica de 9 puntos para los atributos de olor, color, sabor y textura, también evaluados en todas las 16 muestras preliminares. Además, estos mismos atributos fueron evaluados en la formulación óptima (Tratamiento 17) para su validación final.

## **2.3. Indicadores de las variables**

### **a. Variables independientes**

X : Factores de la mezcla

#### **Factores**

X1: Porcentaje de aceite de oliva extra virgen (rango: 10–30 %)

X2: Porcentaje de harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*)  
(rango: 20–40 %)

X3: Porcentaje de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (rango: 10–30 %)

### **b. Variables dependientes**

Y : Respuestas evaluadas

#### **Respuestas.**

Y1: Características físico-químicas.

(Evaluadas en todas las formulaciones experimentales)

Y (1,1): pH (adimensional)

Y (1,2): Humedad (%)

Y (1,3): Cenizas (%)

Y (1,4): Fibra cruda (%)

Y (1,5): Proteínas (%)

Y (1,6): Lípidos (%)

Y (1,7): Carbohidratos (%)

Y (1,8): Acidez total o titulable (% de ácido oleico)

Y (1,9): Índice de peróxidos (Meq O<sub>2</sub>/kg grasa)

Y (1,10): Densidad aparente (g/mL)

Y (1,11): Densidad absoluta (g/mL)

Y2: Características sensoriales.

(Evaluadas en todas las formulaciones experimentales mediante panel semi entrenado)

Y (2,1): Olor (1-9 puntos)

Y (2,2): Sabor (1-9 puntos)

Y (2,3): Color (1-9 puntos)

Y (2,4) : Textura (1-9 puntos)

#### **2.4. Operacionalización de las variables**

En el Anexo 1, se muestra la Matriz de consistencia y en el Anexo 2, la Operacionalización de las variables del presente estudio de investigación.

## **CAPÍTULO III**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1. Conceptos generales y definiciones**

Los conceptos claves relacionados con el estudio de la optimización de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón para el mejoramiento de la formulación de galletas funcionales son:

##### **3.1.1. *Alimentos funcionales***

Los alimentos funcionales son aquellos que, más allá de proveer nutrientes básicos, contienen componentes bioactivos capaces de generar efectos fisiológicos beneficiosos o reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Granato et al., 2014). Según la Asociación Dietética Americana (citado en Martirosyan & Singh, 2015), deben consumirse de forma regular y en cantidades efectivas para ejercer su acción. Estos incluyen alimentos fortificados, ingredientes naturales con propiedades bioactivas (como FOS, polifenoles o proteínas de alto valor biológico) o matrices reestructuradas, como en el caso de galletas reformuladas con ingredientes andinos (Contreras et al., 2021).

### **3.1.2. Galleta**

Son productos obtenidos mediante el horneado apropiado de una masa (sólida o semisólida) conformada a partir del amasado de harinas de trigo u otras harinas sucedáneas, junto con otros ingredientes aptos para el consumo humano. Según la Norma Técnica Peruana Panadería, pastelería y galletería. Galletas. Requisitos (NTP 206.001, 2.<sup>a</sup> ed.), emitida por el Instituto Nacional de Calidad – INACAL (2016). en el contexto de los alimentos funcionales, las galletas representan una matriz ideal para la incorporación de ingredientes bioactivos, siempre que se preserve su textura crujiente, estabilidad y aceptabilidad sensorial (Córdova & García, 2021).

### **3.1.3. Diseño experimental de mezclas**

El diseño de mezclas es un enfoque estadístico aplicado cuando las variables independientes corresponden a proporciones de ingredientes cuya suma es constante (generalmente 100 %). Su objetivo es identificar la combinación óptima que maximice o minimice una o más respuestas (Cornell, 2011). En formulaciones alimentarias, permite evaluar eficientemente las interacciones entre ingredientes y predecir el comportamiento del sistema.

## **3.2. Enfoques teóricos – técnicos**

### **3.2.1. *Aceite de oliva extra virgen (AOEV)***

El aceite de oliva extra virgen (AOEV) cumple con los criterios de calidad y pureza establecidos por la norma técnica peruana aceites y grasas comestibles. Aceite de oliva. Requisitos (NTP 209.013, 3.<sup>a</sup> ed.), que regula parámetros físico-químicos, organolépticos y de inocuidad, en concordancia con estándares internacionales (Instituto Nacional de Calidad – INACAL, 2025). En la región Tacna, su producción local lo posiciona como un ingrediente estratégico. El ácido oleico (C18:1 n-9) es el principal ácido graso del AOEV, representando entre el 55 % y el 83 % del total de ácidos grasos (Guillén et al., 2009). Los tocoferoles, escualeno y polifenoles (como oleocanthal e hidroxitirosol) presentan efectos antioxidantes, antiinflamatorios y cardioprotectores ampliamente descritos en la literatura científica (Montaña et al., 2021; Cicerale et al., 2010; Gorzynik-Debicka et al., 2018). En productos horneados, mejora la humedad y retención lipídica, aunque su uso requiere balance sensorial para evitar notas amargas o picantes (Giuffrè et al., 2022). En la Figura 2, se presenta una muestra de aceite de oliva extra virgen embotellado de la región Tacna.



**Figura 2**  
*Aceite de oliva extra virgen de la región Tacna*

Nota: <https://www.limaterra.com/>

### **3.2.2. Harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*)**

La kiwicha es un pseudocereal andino libre de gluten, con 13–15 % de proteína completa (alta en lisina), fibra dietética (6–8 %), minerales (calcio, hierro, magnesio) y compuestos fenólicos (Martinez-Lopez et al., 2020; Yupanqui, 2023). Su harina mejora el valor proteico y la fibra en productos horneados. Estudios en galletas sin gluten muestran que hasta un 40 % de inclusión no compromete significativamente la textura, siempre que se equilibre con la grasa y el líquido (Aguero et al., 2022). En la Figura 3, se muestra una imagen de la harina de kiwicha.



**Figura 3**  
*La imagen muestra la harina de kiwicha envasada.*

Nota: <https://www.oechsle.pe/harina-de-kiwicha-katy-doypack-300-g-1000096001/p>

### **3.2.3. Harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)**

La harina de yacón es rica en fructooligosacáridos (FOS: 8–10 %) e inulina, con efecto prebiótico, bajo índice glucémico y actividad antioxidante (Minchola-Castañeda et al., 2022; Paula et al., 2013). Su dulzor natural permite reducir azúcares refinados. Granados et al. (2021) demostraron que una sustitución del 30 % en galletas mantiene alta aceptabilidad sensorial y mejora el perfil nutricional. En la Figura 4, se muestra la harina de yacón envasada.



**Figura 4**  
*Harina de yacón envasada por 100 g.*

Nota: <https://valleandino.com.pe/products/harina-de-yacon-x-100-g>

#### **3.2.4. Estabilidad térmica de compuestos bioactivos del AOEV**

- a. Ácido oleico: estable hasta 150 °C; degrada significativamente >200 °C (Niu et al., 2017).
- b. Tocoferoles: empiezan a degradarse a 110–130 °C; pérdida crítica >160 °C (Psomiadou & Tsimidou, 2002; Niki, 2014).
- c. Escualeno: altamente estable a 180 °C; <5 % de pérdida en condiciones de horneado típico (Li et al., 2016).
- d. Fitosteroles: estables ≤150 °C; oxidación progresiva a 180 °C, aunque protegidos por la matriz insaturada del AOEV (Barriuso et al., 2016).

#### **3.2.5. Estabilidad térmica de compuestos bioactivos de la kiwicha**

- a. Proteínas: desnaturalización parcial (30–75 %) entre 70–90 °C (Avanza & Añón, 2007).
- b. Polifenoles: pérdida del 25 % a 100 °C; 40–60 % a 150 °C (Toimbayeva et al., 2025).
- c. Almidón/fibra: gelatinización a 62–74 °C; altamente estable hasta 200 °C (Sindhu & Khatkar, 2018; Dávalos et al., 2023).

#### **3.2.6. Estabilidad térmica de compuestos bioactivos del yacón**

- a. Inulina: estable hasta 150 °C; fusión entre 173–183 °C; degradación irreversible >220 °C (Leone et al., 2014).

- b. FOS: más sensibles que la inulina; hidrólisis significativa a 120–160 °C, especialmente en pH ácido (Le et al., 2022). Por ello, se recomienda horneado  $\leq 165$  °C y tiempos cortos (<12 min) para preservar su funcionalidad prebiótica.

### ***3.2.7. Mejoramiento de la formulación de una galleta funcional***

Reformular una galleta funcional implica integrar ingredientes bioactivos sin sacrificar la calidad sensorial ni la estabilidad. Esto requiere un enfoque multidimensional que combine evaluaciones físico-químicas, sensoriales y de vida útil (Contreras et al., 2021). El mejoramiento incluye: reducción de gluten y azúcares, incorporación de grasas saludables y aumento de fibra/proteína funcional (Córdova & García, 2021).

### ***3.2.8. Optimización de la mezcla***

La optimización de la mezcla permite identificar la proporción ideal de ingredientes que equilibre múltiples respuestas (nutrición, textura, sabor). En este estudio, se aplicará la función de deseabilidad de Derringer & Suich (1980), implementada en software estadístico (Stat-Ease, Inc., 2025), para maximizar simultáneamente: fibra, proteína, actividad antioxidante, y puntuaciones sensoriales (olor, sabor, textura), dentro de los límites establecidos.

### **3.2.9. Calidad Sensorial**

La aceptación del consumidor depende de:

- a. Olor y color: el AOEV aporta aroma afrutado; las harinas de kiwicha y yacón generan tonos dorado-oscuro por reacciones de Maillard (Simanca-Sotelo et al., 2021).
- b. Sabor: equilibrio entre dulzor natural (yacón), amargor residual (fenoles del AOEV) y potencial amargor por saponinas (kiwicha).
- c. Textura: depende de la relación grasa/harina/fibra. El FOS absorbe humedad; el AOEV lubrica la masa; la kiwicha puede aumentar la dureza si no se compensa con grasa (Torricella et al., 2020).

### **3.2.10. Calidad físico-química**

Los parámetros claves según Norma Sanitaria MINSA RM N° 1020-2010 (2011) son:

- a. pH y humedad: determinan vida útil microbiológica y textura (rango óptimo: humedad <5 %, pH 5.5–6.5).
- b. Contenido graso y proteico: indicadores nutricionales directos del AOEV y kiwicha.
- c. Contaminantes: metales pesados, sodio y residuos deben cumplir con límites legales para garantizar seguridad alimentaria.

### **3.3. Marco referencial**

#### **3.3.1. Componentes y propiedades funcionales de los ingredientes**

- a. AOEV: polifenoles (oleuropeína, hidroxitirosol) reducen estrés oxidativo y mejoran perfil lipídico (Zupo et al., 2023).
- b. Kiwicha: proteínas completas + fibra + minerales = alternativa ideal para celíacos y diabéticos (Burgos & Del Castillo, 2021).
- c. Yacón: FOS modulan microbiota intestinal, mejoran absorción de calcio y reducen glucemia postprandial (Jiménez & Sammán, 2014; Minchola-Castañeda et al., 2022).

#### **3.3.2. Estudios previos (antecedentes)**

La investigación sobre alimentos funcionales a base de ingredientes andinos ha crecido significativamente en la última década, con especial énfasis en matrices horneadas como galletas. A continuación, se presentan hallazgos clave agrupados por ingrediente funcional:

##### **a. Kiwicha (*Amaranthus caudatus*)**

Man et al. (2017) evaluaron la sustitución de harina de trigo por harina integral de amaranto (30–100 %) en galletas, encontrando que hasta un 50 % de inclusión mantuvo aceptabilidad sensorial, mientras que aumentos significativos en fibra (hasta 8,5 g/100 g) y proteína (12,3 g/100 g) mejoraron el perfil nutricional. Sin

embargo, niveles superiores generaron texturas duras y color oscuro poco aceptable.

Chauhan et al. (2015) demostraron que la germinación de la kiwicha incrementa su valor funcional: las galletas elaboradas con harina de amaranto germinado mostraron mayor contenido de fibra (13,97 g/100 g), actividad antioxidante (21,43 mg GAE/100 g) y menor fuerza de fractura, lo que sugiere mejor textura crujiente. Estos hallazgos respaldan la conveniencia de usar harinas procesadas con técnicas que reduzcan antinutrientes (como saponinas), mejorando así la aceptación sensorial.

Agüero et al., (2022), en una revisión sistemática publicada en *Journal of Functional Foods*, concluyeron que el amaranto es un ingrediente ideal para productos sin gluten por su equilibrio entre proteína completa (rica en lisina), fibra y capacidad de formar matrices cohesivas, especialmente cuando se combina con fuentes de grasa insaturada que mejoran la lubricación de la masa.

Hidalgo & Pérez (2018) (tesis, Universidad Nacional del Santa, Perú) desarrollaron galletas sin gluten con hasta 20 % de harina de kiwicha y 10 % de harina de maca, obteniendo puntuaciones hedónicas superiores a 6,0 (en escala de 9 puntos) en sabor y textura. Este estudio refuerza la idea de que la inclusión de

kiwicha debe acompañarse de ingredientes funcionales complementarios para equilibrar la sequedad inherente a su alto contenido de fibra y mejorar la aceptabilidad sensorial.

**b. Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)**

Granados et al., (2021) validaron que la sustitución del 30 % de harina de trigo por harina de yacón en galletas no compromete la aceptabilidad sensorial y mejora significativamente el contenido de fibra dietética, calcio e hierro. Además, reportaron una reducción del índice glucémico estimado del producto, lo que lo hace adecuado para personas con diabetes.

Simanca-Sotelo et al. (2021), en un estudio publicado en NFS Journal, evaluaron el efecto de la inclusión de harina de yacón (30–50 %) en galletas sin gluten y encontraron que el 30 % fue el punto óptimo para mantener crocancia, color aceptable y dulzor natural. A niveles superiores, el exceso de fibra soluble generó pérdida de estructura y sensación húmeda en boca, lo que limita su uso a proporciones moderadas en matrices horneadas.

Este límite práctico es respaldado por Paula et al. (2013), quienes, en una revisión publicada en Critical Reviews in Food Science and Nutrition, confirmaron que los fructooligosacáridos (FOS) del yacón conservan su actividad prebiótica tras

el horneado a 160 °C por 12 minutos, siempre que el pH de la masa se mantenga neutro o ligeramente ácido. Esto valida la viabilidad del yacón en productos horneados como galletas funcionales, siempre que se optimice su proporción para equilibrar funcionalidad y atributos sensoriales.

### **c. Aceite de oliva extra virgen (AOEV)**

Giuffrè et al. (2022), (en Foods) investigaron la sustitución total de manteca por AOEV en galletas tipo “shortbread”. Aunque el AOEV mejoró el perfil lipídico y la actividad antioxidante, afectó negativamente la textura (menor friabilidad) y generó notas sensoriales amargas cuando no se balanceó con proteínas. Recomendaron combinar AOEV con ingredientes ricos en proteína (como kiwicha) para mitigar su amargor mediante interacciones proteína-fenol.

Ambra et al. (2022), en una investigación publicada en *European Journal of Lipid Science and Technology*, demostraron que el amargor y picante del AOEV disminuyen significativamente cuando se incorpora en matrices ricas en proteínas vegetales (como amaranto o legumbres), debido a la formación de complejos no volátiles que enmascaran los fenoles responsables de estas notas.

Peyrot des Gachons et al. (2021) (publicado en Food Chemistry) identificaron que los fenoles del AOEV (oleocanthal, oleuropeína) son suprimidos sensorialmente por proteínas vegetales a través de enlaces no covalentes, lo que permite su uso en productos horneados sin deterioro de la aceptabilidad, siempre que la relación proteína:fenol sea adecuada.

#### **d. Estudios multicomponente (kiwicha + yacón + AOEV)**

Hasta la fecha, no se han reportado investigaciones que combinen los tres ingredientes (AOEV, kiwicha y yacón) en una sola matriz de galleta funcional mediante un diseño de optimización de mezclas. Los estudios existentes evalúan los ingredientes de forma aislada o en pares (ej.: amaranto + aceite; yacón + harina de arroz). Esta carencia justifica la novedad y pertinencia científica de la presente investigación, que aborda por primera vez la interacción multivariada de estos tres ingredientes andinos mediante metodologías estadísticas avanzadas (diseño de mezclas restringidas y función de deseabilidad).

#### **3.3.3. Efectos sensoriales específicos**

- a. Yacón: mejora dulzor y color, pero exceso (>30 %) oscurece y ablanda (Simanca-Sotelo et al., 2021).
- b. Kiwicha: puede aportar amargor si no se procesa adecuadamente; técnicas como el “popping” reducen saponinas (Jimoh et al., 2020).

- c. AOEV: su amargor/picante se atenúa en matrices proteicas (Peyrot des Gachons et al., 2021); sin embargo, en galletas sin gluten, esta supresión es parcial, exigiendo optimización cuidadosa (Ambra et al., 2022).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Tipo de investigación**

##### **4.1.1. Tipo y nivel de investigación**

El estudio es una investigación aplicada, de enfoque cuantitativo y nivel explicativo, con un diseño experimental en el que se manipularon tres variables independientes.

#### **4.2. Diseño de la investigación**

Se utilizó un diseño experimental de mezclas restringidas (I-Optimal Custom), implementado en el software Design-Expert v13. Este diseño es idóneo cuando las variables son proporciones cuya suma es constante —en este caso, el 60 % de la formulación, mientras que el 40 % restante permaneció fijo.

Dado que ningún tratamiento individual mostró los mejores puntajes simultáneos en los cuatro atributos sensoriales (olor, color, sabor y textura), se aplicó la metodología de optimización multi-respuesta mediante la Función de Deseabilidad (Fd). Se establecieron como metas los valores máximos observados para sabor y textura, y se mantuvieron olor y color dentro de su rango experimental. El software Design-Expert V13 generó una formulación óptima (Tratamiento 17)

que equilibra estas respuestas. Dicha formulación fue elaborada experimentalmente y sometida a análisis físico-químicos y sensoriales para su validación.

Se determinó los valores óptimos de los componentes de la mezcla como se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Optimización numérica para la determinación de los componentes de la mezcla que optimizaron la respuesta color, olor, sabor y textura de la galleta funcional.*

#### **Restricciones**

| Variable             | Criterio  | Valor mínimo | Valor Máximo | Bajo | Alto | Importancia |
|----------------------|-----------|--------------|--------------|------|------|-------------|
| A:A. Aceite de oliva | en rango  | 0,1          | 0,3          | 1    | 1    | 3           |
| B:H. Harina kiwicha  | en rango  | 0,2          | 0,4          | 1    | 1    | 3           |
| C:H. Harina yacón    | en rango  | 0,1          | 0,3          | 1    | 1    | 3           |
| R1 Textura           | Maximizar | 3,323        | 6,742        | 1    | 1    | 3           |
| R2 Olor              | en rango  | 4,71         | 6,065        | 1    | 1    | 3           |
| R3 Color             | en rango  | 4,71         | 6,065        | 1    | 1    | 3           |
| R4 Sabor             | Maximizar | 4            | 6,516        | 1    | 1    | 3           |

Nota: Design Expert V.13.

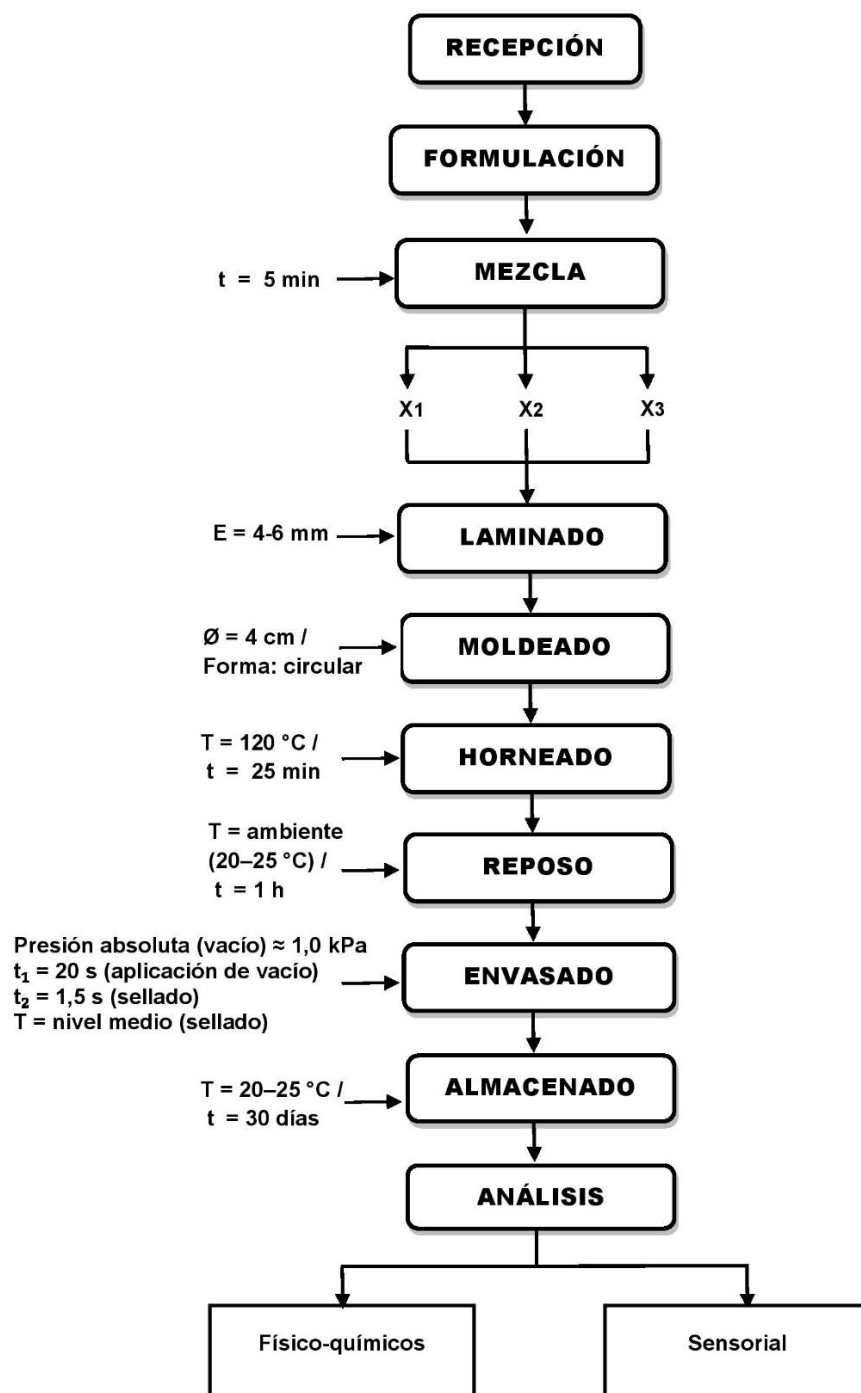
#### **Interpretación**

La tabla 1, muestra la optimización numérica realizada mediante Design-Expert V.13, donde los componentes de la mezcla (aceite de oliva, harina de kiwicha y harina de yacón) se evaluaron dentro de rangos establecidos, mientras que las respuestas sensoriales textura, olor, color y sabor se mantuvieron en rango o se maximizaron. La importancia asignada (3) indica igual peso para todas las variables en la optimización de la galleta funcional.

### **4.3. Procedimiento de la investigación**

#### **4.3.1. *Diseño procedimental***

En la figura 5, se muestra las principales etapas y controles necesarios para elaborar las 16 muestras preliminares de galleta funcional, las cuales serán sometidas a diversos estudios de laboratorio (físicos-químicos y sensoriales). Y finalmente se hará un estudio microbiológico complementario al producto optimizado.



**Figura 5**

*Flujograma de elaboración de las muestras preliminares de galleta funcional*

Nota: Elaboración propia.

#### **4.3.2. Proceso de ejecución del experimento**

A continuación, se describe el flujo del proceso de preparación de las 16 muestras preliminares de galleta funcional, el cual se complementa con imágenes ilustrativas presentadas en el Anexo 7.

##### **a. Recepción**

Los ingredientes principales de la mezcla en estudio como el aceite de oliva extra virgen, la harina de kiwicha y la harina de yacón fueron comprados verificando las características de calidad, peso y fecha de caducidad consignados en los envases respectivos.

##### **b. Formulación**

La formulación de la galleta se dividió en dos partes. La primera correspondió a la mezcla en estudio, que representó el 60 % de la formulación total y estuvo constituida por aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón, dando lugar a 16 formulaciones o tratamientos, tal como se muestra en la Tabla 2.

La segunda parte correspondió a los componentes que se mantuvieron constantes, los cuales representaron el 40 % de la formulación total de la galleta. El pesado de los ingredientes se realizó de manera individual para cada tratamiento en estudio. En total, se llevaron a cabo 16 tratamientos experimentales.

### ***c. Mezclado***

Una vez pesados los ingredientes correspondientes a cada tratamiento, que representaron el 60 % de la formulación total, donde X1 correspondió al aceite de oliva extra virgen, X2 a la harina de kiwicha y X3 a la harina de yacón, según se detalla en la Tabla 2, estos fueron mezclados con el 40 % restante de los ingredientes constantes de la fórmula (stevia líquida, esencia de vainilla líquida, sal, polvo de hornear, harina de nopal, canela en polvo y huevo fresco).

Posteriormente, se procedió a la preparación de las masas destinadas a la elaboración de las unidades muestrales del experimento. Para esta operación se utilizó una mezcladora de mesa, durante un tiempo de 5 minutos.

### ***d. Laminado***

La masa, previamente mezclada y reposada, fue sometida al proceso de laminado mediante una laminadora de 20 cm de ancho, con el fin de lograr una adecuada integración y un espesor uniforme de entre 4 mm y 6 mm, previo al proceso de moldeo.

### ***e. Moldeado***

Este procedimiento se realizó de forma manual sobre la superficie de una mesa de acero inoxidable, utilizando un cortador circular de 4 cm de diámetro. Las piezas

obtenidas se colocaron en bandejas para horneado, utilizando una espátula como apoyo.

***f. Horneado***

Una vez preparados las unidades de los tratamientos, se procedió al horneado que se realizó en horno eléctrico a 120°C por 25 minutos. Las muestras se hornearon de manera aleatoria hasta el tiempo necesario para su cocción.

***g. Reposo***

Inmediatamente después del horneado, las galletas se llevaron a la mesa de trabajo para su reposo hasta temperatura ambiente (20 °C a 25 °C) por 1 hora.

***h. Envasado***

Las galletas, una vez enfriadas, fueron envasadas en bolsas plásticas laminadas con aluminio tipo “ziploc” y selladas al vacío, a una presión absoluta de 1,0 kPa, con un tiempo de aplicación de vacío de 20 s y un tiempo de sellado de 1,5 s, empleando un nivel medio de temperatura de sellado, con la finalidad de evitar la absorción de humedad.

Posteriormente, las muestras fueron almacenadas hasta su utilización en los análisis físicos, químicos, proximales y sensoriales. Cada bolsa fue rotulada según el tratamiento correspondiente y contuvo 100 unidades de galleta, con un peso aproximado de 5 g por unidad, lo que representó un total de 16 bolsas envasadas.

#### ***i. Almacenado***

Las unidades muestrales de los tratamientos fueron almacenadas durante un período de 30 días a temperatura ambiente (20 °C a 25 °C). Finalizado este período, las 16 muestras preliminares fueron evaluadas mediante análisis físicos-químicos y sensoriales; mientras que el análisis microbiológico se realizó únicamente a la formulación óptima como un análisis complementario.

Con los datos obtenidos de estos análisis, se procedió a calcular, mediante el programa Design-Expert, los efectos de los factores estudiados y a determinar la formulación óptima de la galleta funcional.

En el Anexo 6, se presentan las imágenes de los ensayos experimentales artesanales, y en el Anexo 7, se muestran las imágenes de los ensayos experimentales preliminares a nivel de laboratorio del proceso de elaboración de la galleta.

### **4.4. Población y muestra**

#### ***4.4.1. Población***

La población comprende el conjunto de todas las combinaciones posibles de proporciones de los tres ingredientes dentro de los rangos establecidos: aceite de oliva extra virgen (10–30 %), harina de kiwicha (20–40 %) y harina de yacón (10–

30 %). Este conjunto representa el espacio experimental continuo definido por las restricciones del diseño de mezclas.

#### **4.4.2. Muestra**

La muestra estuvo constituida por los 16 tratamientos o muestras experimentales generados mediante el diseño I-Optimal Custom del software Design-Expert V.13 (véase Tabla 2). Cada tratamiento se elaboró en una cantidad de 500 g, equivalentes a aproximadamente 100 unidades de galleta de 5 g cada una, las cuales se destinaron a los análisis físico-químicos y sensoriales.

**Tabla 2**

*Condiciones experimentales para la optimización de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional.*

| COMPONENTES % |                                    |                                      |                                    | Respuestas                                                                         |
|---------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Tratamientos  | X1:<br>Aceite<br>de Oliva<br>% p/p | X2:<br>Harina de<br>kiwicha<br>% p/p | X3:<br>Harina de<br>yacón<br>% p/p | Y1: Características<br>físico-químicas.<br><br>Y2: Características<br>sensoriales. |
| 1             | 24,84                              | 20,00                                | 15,15                              |                                                                                    |
| 2             | 13,17                              | 33,41                                | 13,41                              |                                                                                    |
| 3             | 10,00                              | 30,11                                | 19,88                              |                                                                                    |
| 4             | 10,00                              | 20,00                                | 30,00                              |                                                                                    |
| 5             | 19,77                              | 20,20                                | 20,01                              |                                                                                    |
| 6             | 16,65                              | 26,82                                | 16,51                              |                                                                                    |
| 7             | 20,01                              | 29,98                                | 10,00                              |                                                                                    |
| 8             | 30,00                              | 20,00                                | 10,00                              |                                                                                    |
| 9             | 19,77                              | 20,20                                | 20,01                              |                                                                                    |
| 10            | 10,00                              | 30,11                                | 19,88                              |                                                                                    |
| 11            | 20,01                              | 29,98                                | 10,00                              |                                                                                    |
| 12            | 24,95                              | 25,04                                | 10,00                              |                                                                                    |
| 13            | 13,03                              | 23,50                                | 23,46                              |                                                                                    |
| 14            | 10,00                              | 30,11                                | 19,88                              |                                                                                    |
| 15            | 10,00                              | 40,00                                | 10,00                              |                                                                                    |
| 16            | 10,00                              | 20,00                                | 30,00                              |                                                                                    |

Nota: Design-Expert V.13 (2021).

#### **4.5. Materiales y métodos**

##### **4.5.1. *Materiales y equipos para la formulación de galletas funcionales***

Los componentes de la formulación estuvieron constituidos por dos fracciones. El 40 % correspondió a ingredientes utilizados en proporciones constantes, entre los cuales se incluyeron stevia líquida, esencia de vainilla líquida, sal, polvo de hornear, harina de nopal, canela en polvo y huevo fresco. Por otro lado, el 60 % restante estuvo conformado por los ingredientes en estudio, a saber: harina de kiwicha, harina de yacón y aceite de oliva extra virgen.

Finalmente, en el Anexo 10 se presentan las fichas técnicas de los ingredientes de la galleta, específicamente del aceite de oliva extra virgen y la harina de yacón.

##### **a. *Aceite de oliva extra virgen***

El aceite de oliva extra virgen se consiguió en la localidad de Tacna, en presentación de 500 ml en botella de vidrio de color ámbar. Producto de la empresa Limaterra SAC. Bajo la descripción de aceite de oliva extra virgen premium OD Terra. Campaña 2023- 2024. En la Figura 6, se presenta el aceite de oliva extra virgen empleado en la mezcla.



**Figura 6**

*Aceite de oliva extra virgen de procedencia de sector La Yarada- Los Palos*

Nota: Elaboración propia.

**b. Harina de kiwicha**

Harina de kiwicha fue adquirida en Tacna, a granel producto de la empresa Salud y Energía SRL. Se compró un total de 32 kilos producido en la localidad de Puno. En la Figura 7, se muestra la harina de kiwicha.



**Figura 7**

*Harina de kiwicha*

Nota: Salud y energía SAC.

### **c. Harina de yacón**

La harina de yacón se adquirió de la empresa Ecoandino SAC, de la localidad de Lima; en un total de siete kilogramos, envasados en bolsas de 1 Kg. Número de lote: Y03O-230301. BBD: 09/03/2025. En la Figura 8 se muestra la harina de yacón utilizada en el experimento.



**Figura 8**  
*Harina de yacón de la empresa Ecoandino*

Nota; Ecoandina SAC

### **d. Componentes constantes de la formulación.**

Los componentes constantes de la formulación correspondieron al 40% de la fórmula. Esta Porción está integrada por los siguientes ingredientes: Sal, huevo entero, esencia de vainilla líquida, harina de nopal, stevia líquida, canela en polvo y polvo de hornear.

***e. Equipos e instrumentos de laboratorio.***

En la Tabla 3, se muestra los equipos de laboratorio que se usaron en el proceso de experimentación.

**Tabla 3**  
*Lista de equipos o instrumentos utilizados.*

| Item | Equipo o instrumento                | Marca                  | Modelo                         |
|------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 1    | Horno eléctrico                     | <b>Thomas</b>          | TH-100N02 MAX. 250°C           |
| 2    | Balanza electrónica digital pequeña | PERPHIN                | DMGS.50.001.BLK 50 000g/0,001g |
| 3    | Balanza electrónica digital mediana | CON BOWL               | MODEL 1 5 kg/1g                |
| 4    | Termómetro digital                  | TERMOMETER             | MODEL 1 RANGO - 40°C A 240°C   |
| 5    | Laminadora                          | KEVIN LISSETT          | MLK                            |
| 6    | Selladora al vacío                  | GASTRO corp            | GDZ-400/2E                     |
| 7    | Batidora eléctrica                  | FINEZZA                | BT-100                         |
| 8    | Molino eléctrico                    | GRONDOY                | GR-PV10B 28000 r/min           |
| 9    | Selladora de mano de 30 cm          | MACHINTEK              | KF-300H                        |
| 10   | Estufa eléctrica                    | MEMMERT                | U-40                           |
| 11   | pH – metro de mesa                  | WTW                    | pH 7310                        |
| 12   | Mufla                               | THERMOLYNE CORPORATION | FD1520M                        |
| 13   | Cocina eléctrica                    | IMACO                  | HP-1000                        |

Nota: Elaboración propia.

#### 4.5.2. Métodos de análisis utilizados

##### 4.5.2.1. Métodos de análisis para la materia prima

La materia prima correspondiente a la harina de yacón y al aceite de oliva extra virgen contó con fichas técnicas proporcionadas por el proveedor, las cuales se presentan en el Anexo 10. Por tal motivo, no se realizaron análisis físicos, químico y proximales para estas materias primas.

En el caso de la harina de kiwicha, el contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos fue estimado a partir de las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Salud (INS, 2023), considerando que la harina utilizada fue elaborada a partir de kiwicha cruda y que no se realizaron análisis proximales de esta materia prima. Los valores reportados corresponden a datos referenciales y se emplearon únicamente con fines descriptivos y comparativos. Los valores estimados se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Composición nutricional estimada de la harina de kiwicha cruda según las tablas peruanas de composición de alimentos (INS, 2023)*

| Componente    | Contenido<br>(g/100 g de<br>materia seca) | Fuente     |
|---------------|-------------------------------------------|------------|
| Proteínas     | 13,60                                     | INS (2023) |
| Carbohidratos | 65,20                                     | INS (2023) |
| Lípidos       | 7,00                                      | INS (2023) |

Nota: Tablas peruanas de composición de alimentos (INS, 2023)

#### ***4.5.2.2. Métodos de análisis para muestras preliminares y formulación óptima***

Los análisis realizados a las muestras preliminares y a la formulación óptima de la galleta funcional incluyeron la evaluación sensorial y los análisis físico-químicos. Finalmente, como análisis complementario se efectuó el análisis microbiológico únicamente a la formulación óptima.

##### ***a. Análisis físico-químico***

Para las muestras preliminares de la galleta funcional, los análisis físico-químicos se realizaron en las 16 formulaciones (tratamientos). Los análisis de humedad, cenizas, densidad aparente, densidad absoluta y pH se desarrollaron en el Laboratorio de Análisis y Composición de Alimentos de la ESIA. Por su parte, los análisis de proteínas, carbohidratos, lípidos, fibra cruda, acidez total o titulable y índice de peróxidos se realizaron en el laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María, en la ciudad de Arequipa como se observan en los resultados del Capítulo V.

Los ensayos físico-químicos se llevaron a cabo de acuerdo con métodos estandarizados, los cuales se detallan en la Tabla 5 y 6.

**Tabla 5**

*Ensayos y métodos de análisis físico-químicos utilizados en las muestras preliminares.*

| Ensayos                | Método de análisis                                                                  |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Cenizas g/100g         | NTP 206.007: 1976                                                                   |
| Humedad g/100g         | NTP 206.011: 2018                                                                   |
| Densidad aparente g/ml | Método gravimétrico por desplazamiento de semillas o arena.                         |
| Densidad absoluta g/ml | Método por desplazamiento de volumen en probeta graduada (principio de Arquímedes). |
| pH                     | Galletas NTP 206.014:1981.                                                          |

Nota: Elaboración propia

**Tabla 6**

*Ensayos y métodos de análisis físico-químicos utilizados en las muestras preliminares.*

| Ensayos                                                   | Método de análisis                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proteínas g/100g                                          | Método Kjeldahl, A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.                                                    |
| Carbohidratos g/100g                                      | Alimentos Cocidos De Reconstitución Instantánea, Por cálculo.                                                                  |
| Lípidos g/100g                                            | Alimentos Cocidos De Reconstitución Instantánea. Determinación de Grasa. Método gravimétrico NTP 209.263.2018 (revisada 2023). |
| Fibra cruda g/100g                                        | Adaptado de Cereales y Menestras Determinación de Fibra Cruda, NTP 205.003:1980.                                               |
| Acidez titulable<br>gH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /100g | Cereales y productos derivados. NTP 205.039.2022.                                                                              |
| Índice de peróxidos<br>mEq O <sub>2</sub> /kg             | Galletas, NTP 206.016:1981 (REVISADA EL 2011).                                                                                 |

Nota: El análisis físico-químico para muestras preliminares fueron realizados según los informes de ensayos, emitidos por el laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María.

Para la formulación óptima de la galleta funcional, los análisis de densidad aparente y densidad absoluta se realizaron en el Laboratorio de Análisis y Composición de Alimentos de la ESIA. Asimismo, los análisis de humedad, cenizas, pH, proteínas, carbohidratos, lípidos, fibra cruda, acidez titulable e índice de peróxidos fueron realizados en el laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María, en la ciudad de Arequipa, como se observan en los resultados del Capítulo V.

Los ensayos físico-químicos se efectuaron conforme a métodos estandarizados, los cuales se presentan en la Tabla 7 y 8.

**Tabla 7***Ensayos y métodos de análisis físico-químicos utilizados en la formulación óptima.*

| Ensayos                                                   | Método de análisis                                                               |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Proteínas g/100g                                          | Método Kjeldahl, A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.      |
| Carbohidratos g/100g                                      | Alimentos Cocidos De Reconstitución Instantánea, Por cálculo.                    |
| Lípidos g/100g                                            | Galletas NTP 206.017:1981                                                        |
| Fibra cruda g/100g                                        | Adaptado de Cereales y Menestras Determinación de Fibra Cruda, NTP 205.003:1980. |
| Acidez titulable<br>gH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /100g | Harinas. NTP 205.039.1975 (Revisada el 2011).                                    |
| Índice de peróxidos<br>mEq O <sub>2</sub> /kg             | Galletas, NTP 206.016:1981 (REVISADA EL 2011).                                   |
| Cenizas g/100g                                            | Productos de panadería NTP 206.007:1976 (REVISADA EL 2011).                      |
| Humedad g/100g                                            | Biscochos galletas pastas y fideos, NTP 206.011:1981 (REVISADA EL 2011).         |
| pH                                                        | Galletas NTP 206.014:1981                                                        |

Nota: El análisis físico-químico para muestras preliminares fueron realizados según los informes de ensayos, emitidos por el laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María.

**Tabla 8**

*Ensayos y métodos de análisis físico-químicos utilizados en la formulación óptima.*

| Ensayos                  | Método de análisis                                                                  |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Densidad aparente g/ml   | Método gravimétrico por desplazamiento de semillas o arena.                         |
| Densidad absoluta g/ml   | Método por desplazamiento de volumen en probeta graduada (principio de Arquímedes). |
| Nota: Elaboración propia |                                                                                     |

**b. Análisis microbiológico (complementario)**

Para el análisis microbiológico, la formulación óptima fue enviada al laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María, en la ciudad de Arequipa, como se observan en los resultados del Capítulo V. Los ensayos microbiológicos son complementarios y se realizaron de acuerdo con métodos estandarizados, los cuales se detallan en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Ensayos y métodos de análisis microbiológicos utilizados en la formulación óptima (ensayos complementarios)*

| Ensayos                                                        | Método de análisis                                                            |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables UFC/g | ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 120-124(Trad. 1978)<br>Reimp 2000, Ed Acribia) |
| Numeración de coliformes totales NMP/g                         | ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 132-134(Trad. 1978)<br>Reimp 2000, Ed Acribia) |
| Enumeración de mohos UFC/g                                     | ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978)<br>Reimp 2000, Ed Acribia) |
| Enumeración de levaduras UFC/g                                 | ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978)<br>Reimp 2000, Ed Acribia) |

Nota: Los análisis microbiológicos fueron realizados por el laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María.

### ***c. Análisis de evaluación sensorial***

Se utilizó una ficha de evaluación sensorial (véase el anexo 4), basada en una escala hedónica de nueve puntos, para evaluar las características sensoriales de olor, color, sabor y textura de las galletas, donde 1 correspondió a “me disgusta extremadamente” y 9 a “me gusta extremadamente”.

La evaluación sensorial se llevó a cabo en las 16 formulaciones (tratamientos) (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15 y T16), así como en la formulación óptima obtenida. Ver resultados del Capítulo V.

El análisis fue realizado por un panel conformado por 31 jueces semientrenados, integrado por docentes y estudiantes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

***d. Análisis estadísticos***

Para el análisis estadístico se utilizó el Software Excel de Microsoft para cálculo de estadística descriptiva. El Software Design Expert V.13 para cálculo estadística inferencial y Diseño experimentales de optimización (DOE) tipo Mezcla (I-Optimal).

## **CAPÍTULO V**

### **TRATAMIENTOS DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. Técnicas aplicadas en la recolección de la información.**

En el presente estudio se recopilaron datos a partir de los análisis realizados a las 16 muestras preliminares y a la formulación óptima de la galleta funcional. Para la recolección de la información sensorial, se utilizó la ficha de evaluación hedónica presentada en el Anexo 4, aplicada por un panel de 31 jueces semi entrenados bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura, con provisión de agua para enjuague entre muestras, de acuerdo con los principios de análisis sensorial. Asimismo, se obtuvieron datos primarios mediante instrumentos de medición de campo, tales como termómetros, probetas, densímetros, balanzas y pH-metro. Estas técnicas e instrumentos se emplearon exclusivamente para los ensayos físicos y químicos realizados en la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (ESIA) de la UNJBG, específicamente para determinar los parámetros de humedad, cenizas, densidad aparente, densidad absoluta y pH en las muestras preliminares, así como densidad aparente y absoluta en la formulación óptima.

Los análisis físico-químicos no realizados en el laboratorio de ESIA se enviaron al Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María, en Arequipa.

### 5.1.1. Instrumentos de medición

En la Tabla 10, se presentan los instrumentos utilizados para la medición de las variables dependientes o respuestas (físico-químicas y sensoriales) que fueron evaluadas en los laboratorios de la ESIA-UNJBG.

**Tabla 10**

*Instrumentos de medición para las variables dependientes (físicas, químicas y sensoriales)*

| Variable dependiente<br>Respuestas | Unidad de medida              | Instrumento         | Rango y sensibilidad      |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Humedad                            | g de agua/100 g de muestra    | Estufa              | 100°C -110°C              |
| Densidad absoluta y aparente       | g/mL                          | Balanza/probeta     | 0 – 1,200 g/mL            |
| Cenizas                            | g de cenizas/100 g de muestra | Incineración total. | 0 – 10 g/100 g de muestra |
| pH                                 | Adimensional                  | pH - metro de mesa  | 0 – 14                    |
| Olor                               | Escala hedónica (1-9 puntos)  | Ficha sensorial     | 1 a 9 puntos              |
| Color                              | Escala hedónica (1-9 puntos)  | Ficha sensorial     | 1 a 9 puntos              |
| Sabor                              | Escala hedónica (1-9 puntos)  | Ficha sensorial     | 1 a 9 puntos              |
| Textura                            | Escala hedónica (1-9 puntos)  | Ficha sensorial     | 1 a 9 puntos              |

Nota: Elaboración propia.

### **5.1.2. Técnicas sensoriales**

Se empleó un panel de 31 jueces semientrenados, quienes evaluaron las características sensoriales (olor, color, sabor y textura) tanto de las 16 muestras preliminares como de la formulación óptima. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la ESIA-UNJBG, bajo condiciones estandarizadas.

### **5.1.3. Técnicas analíticas**

Se contrataron los servicios del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María, en la ciudad de Arequipa, para realizar algunos análisis físico-químicos que requieren equipos especializados. Finalmente, el análisis microbiológico solo se realizó a la formulación óptima como un análisis complementario.

## 5.2. Resultados y discusión

### 5.2.1. Resultados de características físico-químicas de muestras preliminares.

#### a. Humedad

En la Tabla 11, se muestra el contenido de humedad de las muestras preliminares de los 16 tratamientos de la galleta funcional.

**Tabla 11**

*Resultado de humedad en base seca y humedad en base húmeda de los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).*

| TRATAMIENTO<br>O MUESTRA | Humedad en<br>base seca (gr<br>de agua /gr de<br>m.s.) | Humedad<br>(gr de agua/100 gr de<br>materia húmeda) | Observación<br>Mínimo<br>Máximo<br>Valor |
|--------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1                        | 0,1784                                                 | 15,14± 0,16                                         |                                          |
| 2                        | 0,1283                                                 | 11,37± 0,48                                         |                                          |
| 3                        | 0,1223                                                 | 10,89± 0,15                                         |                                          |
| 4                        | 0,0847                                                 | 7,81± 0,19                                          |                                          |
| 5                        | 0,1809                                                 | 15,32± 0,10                                         | Máximo                                   |
| 6                        | 0,0692                                                 | 6,47± 0,01                                          |                                          |
| 7                        | 0,0714                                                 | 6,66± 0,22                                          |                                          |
| 8                        | 0,0603                                                 | 5,69± 0,34                                          | Mínimo                                   |
| 9                        | 0,0628                                                 | 5,91± 0,27                                          |                                          |
| 10                       | 0,1295                                                 | 11,47± 0,15                                         |                                          |
| 11                       | 0,0638                                                 | 6,00± 0,00                                          |                                          |
| 12                       | 0,0672                                                 | 6,29± 0,18                                          |                                          |
| 13                       | 0,1206                                                 | 10,76± 0,00                                         |                                          |
| 14                       | 0,0887                                                 | 8,14± 0,07                                          |                                          |
| 15                       | 0,0772                                                 | 7,16± 0,06                                          |                                          |
| 16                       | 0,0853                                                 | 7,86± 0,16                                          |                                          |

Nota: Elaboración propia

- **Interpretación**

La tabla 11, presenta los resultados de humedad en dos formas: base seca (g de agua/g de materia seca) y base húmeda (g de agua/100 g de materia húmeda) para 16 tratamientos de una mezcla en estudio. En Base seca: varía entre 0,0603 (Tratamiento 8) y 0,1809 (Tratamiento 5). En Base húmeda: varía entre 5,69% (Tratamiento 8) y 15,32% (Tratamiento 5). Esto indica que hay una diferencia considerable de contenido de agua entre los tratamientos. Para los valores extremos: Mayor humedad: Tratamiento 5 (15,32% en base húmeda), seguido por el Tratamiento 1 (15,14%). Menor humedad: Tratamiento 8 (5,69% en base húmeda), seguido por Tratamiento 9 (5,91%). En base seca, se repite la tendencia: T5 y T1 tienen los valores más altos, T8 y T9 los más bajos. Observando los valores, la mayoría de tratamientos están en un rango medio entre 6% y 11% (base húmeda), lo que sugiere que la mayoría presentan una humedad moderada. Máximo: Tratamiento 5 (contenido más alto de humedad). Mínimo: Tratamiento 8 (contenido más bajo de humedad). La relación entre la humedad en base seca y en base húmeda es directa: a mayor contenido en base seca, mayor en base húmeda. Esto es esperable porque ambos parámetros dependen de la misma variable (agua presente en la mezcla).

**b. Acidez total y pH**

En la Tabla 12, se presenta los resultados del pH y la acidez total para los 16 tratamientos de la galleta funcional.

**Tabla 12**

*Resultados de pH y acidez total para los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).*

| Tratamiento o muestra | pH         | Valor Mínimo<br>Máximo<br>pH | Acidez total (g ácido sulfúrico /100 g de muestra) | Valor Mínimo<br>Máximo<br>Acidez |
|-----------------------|------------|------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1                     | 6,47± 0,07 |                              | 0,09                                               |                                  |
| 2                     | 6,34± 0,05 |                              | 0,13                                               |                                  |
| 3                     | 6,48± 0,04 | Máximo                       | 0,15                                               | Máximo                           |
| 4                     | 6,04± 0,01 |                              | 0,10                                               |                                  |
| 5                     | 6,40± 0,03 |                              | 0,07                                               | Mínimo                           |
| 6                     | 6,03± 0,04 |                              | 0,10                                               |                                  |
| 7                     | 6,06± 0,04 |                              | 0,10                                               |                                  |
| 8                     | 6,17± 0,02 |                              | 0,07                                               | Mínimo                           |
| 9                     | 5,96± 0,02 | Mínimo                       | 0,10                                               |                                  |
| 10                    | 6,17± 0,02 |                              | 0,11                                               |                                  |
| 11                    | 6,11± 0,02 |                              | 0,09                                               |                                  |
| 12                    | 6,22± 0,03 |                              | 0,07                                               | Mínimo                           |
| 13                    | 6,36± 0,02 |                              | 0,11                                               |                                  |
| 14                    | 6,06± 0,01 |                              | 0,11                                               |                                  |
| 15                    | 6,24± 0,03 |                              | 0,12                                               |                                  |
| 16                    | 6,05± 0,03 |                              | 0,11                                               |                                  |

Nota: El pH fue medido en el laboratorio de la ESIA-UNJBG; la acidez total proviene del informe del Laboratorio de Calidad de la Universidad Católica de Santa María (Arequipa).

- **Interpretación**

Según la tabla 12, se observa la relación entre pH y acidez; existe tendencia inversa: a menor pH, mayor acidez, aunque en este caso, las diferencias son pequeñas. El tratamiento 3 destaca por tener el pH más alto (6,48) y la acidez más alta (0,15), lo que es atípico, pues normalmente se esperaría lo contrario. Esto puede deberse a composición química particular de ese tratamiento. Todos los tratamientos se encuentran en un rango aceptable para productos que no son

altamente ácidos ( $\text{pH} > 5,96$ ), lo que indica estabilidad química y seguridad microbiológica moderada. La variación en acidez ( $0,07\text{--}0,15 \text{ g/100 g}$ ) es pequeña, pero suficiente para generar ligeras diferencias organolépticas.

**c. Densidad aparente y densidad absoluta.**

En la Tabla 13, se presenta los resultados de la densidad aparente y densidad absoluta para los 16 tratamientos de la galleta funcional.

**Tabla 13**

*Resultados de densidad aparente y densidad absoluta para los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).*

| Tratamiento o muestra | Densidad Aparente (gr/ml) | Valor Mínimo Máximo | Densidad Absoluta (gr/ml) | Valor Mínimo Máximo |
|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 1                     | 0,4952                    | Mínimo              | 1,2148                    |                     |
| 2                     | 1,0059                    |                     | 1,2124                    |                     |
| 3                     | 0,9673                    |                     | 1,2387                    |                     |
| 4                     | 0,7028                    |                     | 0,7415                    |                     |
| 5                     | 1,2043                    | Máximo              | 1,2265                    |                     |
| 6                     | 0,6513                    |                     | 0,6657                    | Mínimo              |
| 7                     | 0,7952                    |                     | 0,9398                    |                     |
| 8                     | 0,7240                    |                     | 0,9786                    |                     |
| 9                     | 0,7310                    |                     | 0,9032                    |                     |
| 10                    | 0,7010                    |                     | 1,0445                    |                     |
| 11                    | 0,6035                    |                     | 1,0113                    |                     |
| 12                    | 0,7757                    |                     | 1,7033                    |                     |
| 13                    | 0,8464                    |                     | 4,1568                    | Máximo              |
| 14                    | 0,7303                    |                     | 2,1792                    |                     |
| 15                    | 0,7385                    |                     | 0,7777                    |                     |
| 16                    | 0,6447                    |                     | 0,9428                    |                     |

Nota: Elaboración propia.

- **Interpretación**

En la tabla 13, se observa que la densidad Aparente presenta un: Rango: mínimo: 0,4952 g/ml (Tratamiento 1). Máximo: 1,2043 g/ml (Tratamiento 5). La mayoría de valores se encuentran entre 0,60 g/ml y 0,80 g/ml, lo que indica variabilidad moderada. Una densidad aparente baja indica que el producto es más aireado y menos compacto, mientras que una densidad alta indica galletas más compactas y pesadas. T1 sería la más porosa (menos densa). T5 la más compacta. Densidad Absoluta: Rango: Mínimo: 0,6657 g/ml (Tratamiento 6). Máximo: 4,1568 g/ml (Tratamiento 13). La densidad absoluta muestra diferencias extremas, especialmente el T13 con un valor atípico muy alto (4,1568 g/ml), que puede deberse a errores en el procedimiento o a un material muy compacto. La mayoría de tratamientos están entre 0,90 g/ml y 1,20 g/ml, lo que sería un rango normal. La densidad aparente es siempre menor que la densidad absoluta, lo cual es esperable, porque la aparente considera el volumen total incluyendo espacios vacíos, mientras que la absoluta excluye. El tratamiento 1, tiene menor densidad aparente, lo que indica galleta más ligera. El tratamiento 5: mayor densidad aparente (1,2043 g/ml), galleta más compacta.

### 5.2.2. Resultado total de las características físicas-químicas de muestras preliminares.

En la tabla 14, se muestra los resultados totales de la composición físico-química para los 16 tratamientos de la galleta funcional.

**Tabla 14**

*Resultado total de la composición físico-química para los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).*

| Muestra o tratamiento | Proteínas g/100g | Carbohidratos g/100g | Lípidos g/100g | Fibra cruda g/100g | Humedad g/100g | Cenizas g/100g |
|-----------------------|------------------|----------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| 1                     | 12,06            | 34,00                | 34,58          | 3,23               | 15,14± 0,16    | 4,22± 0,00     |
| 2                     | 15,99            | 45,36                | 22,96          | 2,74               | 11,37± 0,48    | 4,32± 0,03     |
| 3                     | 14,49            | 49,43                | 19,26          | 3,35               | 10,89± 0,15    | 4,79± 0,07     |
| 4                     | 12,36            | 56,39                | 18,06          | 2,55               | 7,81± 0,19     | 5,38± 0,03     |
| 5                     | 12,90            | 39,29                | 28,06          | 1,94               | 15,32± 0,10    | 4,43± 0,12     |
| 6                     | 14,30            | 48,29                | 26,28          | 2,67               | 6,47± 0,01     | 4,71± 0,06     |
| 7                     | 14,37            | 45,71                | 28,71          | 2,80               | 6,66± 0,22     | 4,55± 0,01     |
| 8                     | 12,31            | 34,44                | 43,23          | 2,58               | 5,69± 0,34     | 4,33± 0,01     |
| 9                     | 12,69            | 57,03                | 19,47          | 2,53               | 5,91± 0,27     | 4,90± 0,08     |
| 10                    | 14,84            | 39,32                | 29,31          | 2,83               | 11,47± 0,15    | 5,06± 0,06     |
| 11                    | 14,83            | 43,57                | 30,97          | 2,38               | 6,00± 0,00     | 4,63± 0,04     |
| 12                    | 15,42            | 36,09                | 37,68          | 3,40               | 6,29± 0,18     | 4,52± 0,07     |
| 13                    | 13,58            | 48,67                | 21,97          | 2,49               | 10,76± 0,00    | 5,02± 0,05     |
| 14                    | 13,34            | 53,71                | 19,86          | 2,55               | 8,14± 0,07     | 4,95± 0,12     |
| 15                    | 17,71            | 51,46                | 18,99          | 2,69               | 7,16± 0,06     | 4,68± 0,02     |
| 16                    | 12,92            | 53,24                | 20,58          | 3,54               | 7,86± 0,16     | 5,40± 0,07     |

Nota: La humedad y cenizas fueron medidos en el laboratorio de la ESIA-UNJBG; la proteína, cho, lípidos y fibra cruda provienen del informe del Laboratorio de Calidad de la Universidad Católica de Santa María (Arequipa).

#### • Interpretación

En la tabla 14, los tratamientos energéticos: T8, T12 y T11, por su alto contenido de lípidos. Tratamientos proteicos: T15, T2, T12, T11. Tratamientos más secos: T8, T9, lo que influye en la textura y conservación. Tratamiento más balanceado: T12 (proteínas, lípidos y carbohidratos en proporciones altas, baja humedad).

En la Tabla 15 se muestra los resultados totales de la composición físico-química para los 16 tratamientos de la galleta funcional.

**Tabla 15**

*Resultado total de la composición físico-química para los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).*

| Muestra<br>Tratamiento | Acidez titulable<br>de ácido sulfúrico<br>g/100g | Índice de<br>peróxidos mEq/kg | Densidad<br>aparente<br>g/ml | Densidad<br>absoluta<br>g/ml | pH         |
|------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| 1                      | 0,09                                             | 2,50                          | 0,50                         | 1,21                         | 6,47± 0,07 |
| 2                      | 0,13                                             | 3,00                          | 1,01                         | 1,21                         | 6,34± 0,05 |
| 3                      | 0,15                                             | 4,00                          | 0,97                         | 1,24                         | 6,48± 0,04 |
| 4                      | 0,10                                             | 3,00                          | 0,70                         | 0,74                         | 6,04± 0,01 |
| 5                      | 0,07                                             | 2,50                          | 1,20                         | 1,23                         | 6,40± 0,03 |
| 6                      | 0,10                                             | 3,00                          | 0,65                         | 0,67                         | 6,03± 0,04 |
| 7                      | 0,10                                             | 3,00                          | 0,80                         | 0,94                         | 6,06± 0,04 |
| 8                      | 0,07                                             | 2,50                          | 0,72                         | 0,98                         | 6,17± 0,02 |
| 9                      | 0,10                                             | 23,93                         | 0,73                         | 0,90                         | 5,96± 0,02 |
| 10                     | 0,11                                             | 26,40                         | 0,70                         | 1,04                         | 6,17± 0,02 |
| 11                     | 0,09                                             | 14,77                         | 0,60                         | 1,01                         | 6,11± 0,02 |
| 12                     | 0,07                                             | 12,71                         | 0,78                         | 0,97                         | 6,22± 0,03 |
| 13                     | 0,11                                             | 8,48                          | 0,85                         | 1,11                         | 6,36± 0,02 |
| 14                     | 0,11                                             | 8,46                          | 0,73                         | 1,19                         | 6,06± 0,01 |
| 15                     | 0,12                                             | 9,21                          | 0,74                         | 0,78                         | 6,24± 0,03 |
| 16                     | 0,11                                             | 8,48                          | 0,64                         | 0,94                         | 6,05± 0,03 |

Nota: La densidad aparente, absoluta y pH fueron medidos en el laboratorio de la ESIA-UNJBG; La acidez total o titulable y índice de peróxidos provienen del informe del Laboratorio de Calidad de la Universidad Católica de Santa María (Arequipa).

- **Interpretación**

En la tabla 15, se ve mayor acidez (T3) no se asocia con mayor índice de peróxidos, lo que indica que la oxidación no depende de acidez. Tratamientos con mayor oxidación (T9–T12) presentan pH más bajo y densidad intermedia. La densidad y pH son más estables que el índice de peróxidos, que es el parámetro más crítico para la calidad del producto.

En la Tabla 16, se presenta el resumen de los valores máximos y mínimos para el resultado de los análisis físico-químicos.

**Tabla 16**

*Valores máximos y mínimos de los resultados físico-químicos de los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional).*

| Propiedades Físico-químicas. | Muestra    | Código de muestras |         |              |
|------------------------------|------------|--------------------|---------|--------------|
|                              |            | Valor Mínimo       | Muestra | Valor Máximo |
| Proteínas g/100g             | M 1        | 12,06              | M 15    | 17,71        |
| Carbohidratos g/100g         | M 1        | 34,00              | M 9     | 57,03        |
| Lípidos g/100g               | M 4        | 18,06              | M 8     | 43,23        |
| Acidez titulable g/100g      | M 5/M8/M12 | 0,07               | M 3     | 0,15         |
| Fibra cruda g/100g           | M 5        | 1,94               | M 16    | 3,54         |
| Humedad g/100g               | M 8        | 5,69± 0,34         | M5      | 15,32± 0,10  |
| Cenizas g/100g               | M 1        | 4,22               | M 16    | 5,40         |
| Índice de peróxidos mEq/kg   | M 5/M1/M8  | 2,50               | M 10    | 26,40        |
| Densidad aparente g/ml       | M 1        | 0,50               | M 5     | 1,20         |
| Densidad absoluta g/ml       | M 6        | 0,67               | M 13    | 4,16         |
| pH                           | M 9        | 5,96± 0,02         | M 3     | 6,48± 0,04   |

Nota: La densidad aparente, absoluta, humedad, ceniza y pH fueron medidos en el laboratorio de la ESIA, los demás análisis provienen del informe del laboratorio de Calidad de la Universidad Católica de Santa María (Arequipa).

- **Interpretación.**

La Tabla 16, revela la amplia variabilidad en las propiedades físico-químicas de las galletas según las proporciones de los ingredientes. El contenido proteico (12,06–17,71 g/100 g) se maximizó con 40 % de harina de kiwicha (M15), confirmando su rol en el enriquecimiento proteico. Los lípidos (hasta 43,23 g/100 g en M8) reflejan la influencia directa del aceite de oliva extra virgen. El índice de peróxidos (2,50–26,40 meq/kg) indica diferencias en la estabilidad oxidativa, probablemente por interacciones entre ingredientes durante el horneado. La humedad (5,69–15,32 %) afecta la textura y seguridad microbiológica, especialmente en formulaciones húmedas (>10–12 %). En conjunto, estos extremos subrayan la necesidad de una optimización multivariada para equilibrar funcionalidad, estabilidad y aceptabilidad sensorial.

### ***5.2.3. Resultados de Características sensoriales de muestras preliminares.***

En la Tabla 17, se presentan los puntajes de los atributos sensoriales (color, olor, sabor y textura) y sus promedios, obtenidos a partir de la evaluación sensorial de 16 muestras. Dicha evaluación fue realizada por un panel de 31 jueces semientrenados. En el Anexo 5 se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA), considerando un nivel de significancia de  $p \leq 0,05$ .

**Tabla 17**

*Resultado total de la evaluación sensorial de los 16 tratamientos (muestras preliminares de galleta funcional), realizados por un panel de 31 jueces semientrenados.*

| TRATAMIENTO     |              |              |              |              |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| O MUESTRA       | COLOR        | OLOR         | SABOR        | TEXTURA      |
| 1               | 4,452        | 5,742        | 4,194        | 4,129        |
| 2               | 4,258        | 5,000        | 3,065        | 3,323        |
| 3               | 4,516        | 5,194        | 4,839        | 4,548        |
| 4               | 6,323        | 5,742        | 4,774        | 3,613        |
| 5               | 4,000        | 4,710        | 4,548        | 4,258        |
| 6               | 6,419        | 6,065        | 5,677        | 6,452        |
| 7               | 5,774        | 5,581        | 4,323        | 5,161        |
| 8               | 5,032        | 5,581        | 7,452        | 6,742        |
| 9               | 5,935        | 5,548        | 5,387        | 6,161        |
| 10              | 5,000        | 5,387        | 4,621        | 3,323        |
| 11              | 6,516        | 6,000        | 4,935        | 5,710        |
| 12              | 5,839        | 5,387        | 5,548        | 6,419        |
| 13              | 4,613        | 5,290        | 4,935        | 3,387        |
| 14              | 5,774        | 5,419        | 5,194        | 5,581        |
| 15              | 6,323        | 5,871        | 4,933        | 6,161        |
| 16              | 5,613        | 5,645        | 5,935        | 4,065        |
| <b>Promedio</b> | <b>5,399</b> | <b>5,510</b> | <b>5,023</b> | <b>4,940</b> |

Nota: Elaboración propia.

- **Interpretación.**

En la tabla 17, los promedios generales fueron para color: 5,399; olor: 5,510; sabor: 5,023; textura: 4,940. Los atributos mejor evaluados en general fueron olor y color, mientras que textura y especialmente sabor tuvieron calificaciones ligeramente más bajas. Color: Mejor calificación: muestra 11 (6,516) y muestra 6 (6,419). Más baja: muestra 5 (4,000).

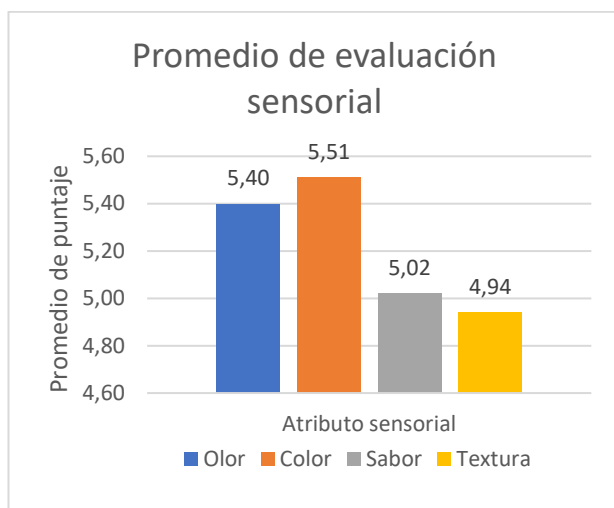
En general, la mayoría de valores se ubican entre 5 y 6. Olor: más alto: muestra 6 (6,065) y muestra 15 (5,871). Más bajo: muestra 5 (4,710) y muestra 2 (5,000). Se percibe bastante homogéneo, con mayoría en rango 5–6. Sabor: mejor calificación: muestra 8 (7,452), muy por encima del promedio. Más bajo: muestra 2 (3,065). Es el atributo con mayor variabilidad. Textura: Más alto: muestra 8 (6,742) y muestra 6 (6,452). Más bajo: muestra 2 y 10 (3,323). Los valores varían entre 3 y casi 7.

Tratamientos destacados. Muestra 8: muy buena aceptación en sabor (7,452) y textura (6,742), siendo la más alta en sabor. Muestra 6: equilibrada y con valores altos en todos los atributos (color 6,419; olor 6,065; sabor 5,677; textura 6,452). Muestra 11 y 15: destacan en color y olor.

Muestra 2 y 10: entre las de menor aceptación en general (bajos puntajes en casi todos los atributos).

El olor y color fueron los atributos más estables y mejor percibidos. Sabor y textura mostraron mayor dispersión, siendo claves para diferenciar los tratamientos. El tratamiento 8 se perfila como el más aceptado sensorialmente (principalmente por sabor y textura), mientras que el tratamiento 6 es el más balanceado en todos los aspectos.

En la Figura 9, se muestra la puntuación promedio de cada atributo (olor, calor, sabor y textura) evaluado según panel de 31 jueces semi entrenados.



**Figura 9**

*Puntaje promedio de la evaluación sensorial de atributos de la galleta*

Nota: Elaboración propia.

- **Interpretación**

En la figura 9, el atributo Color (5,51) obtuvo la calificación más alta, lo que indica que fue el atributo más apreciado por los evaluadores. Olor (5,40) también recibió una puntuación elevada, lo que refleja que fue bien aceptado. Sabor (5,02) y textura (4,94) tuvieron los puntajes más bajos, aunque siguen en un rango cercano a la neutralidad, lo que sugiere que hay oportunidad de mejora en estos aspectos. En conclusión: la galleta fue mejor valorada por su apariencia (color) y olor, mientras que el sabor y la textura resultaron menos atractivos para los evaluadores. Esto indica que, si bien el producto es visualmente atractivo y aromáticamente aceptable, convendría optimizar la formulación o el proceso para mejorar principalmente el sabor y la textura, atributos clave en la aceptación final de un alimento.

En la Tabla 18, se presenta los valores promedios máximos y mínimos para cada atributo sensorial obtenido mediante la evaluación del panel de catadores.

**Tabla 18**

*Valores promedios mínimos y máximos para cada atributo sensorial.*

| Atributo sensorial | Muestra | Código de muestras |         |              |
|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------|
|                    |         | Valor Mínimo       | Muestra | Valor Máximo |
| Olor               | M 5     | 4,710              | M 6     | 6,065        |
| Color              | M 5     | 4,000              | M 11    | 6,516        |
| Sabor              | M 2     | 3,065              | M 8     | 7,452        |
| Textura            | M 2/M10 | 3,323              | M 8     | 6,742        |

Nota: Elaboración propia.

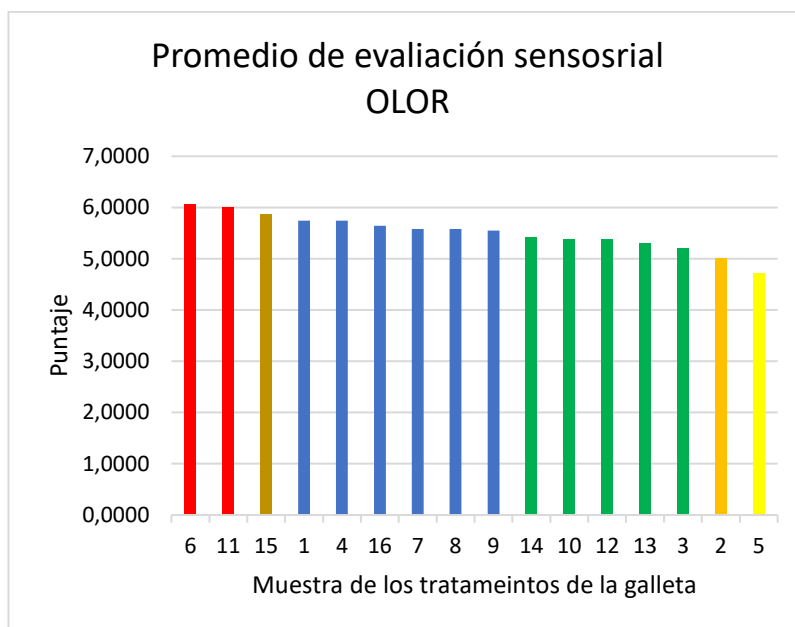
- **Interpretación**

En la tabla 18, el olor, tiene un valor mínimo 4,710 en la muestra M5. Valor máximo 6,065 en la muestra M6. Existe una diferencia moderada en la percepción del olor, siendo M6 la mejor valorada. Color, valor mínimo 4,000 en la muestra M5. Valor máximo 6,516 en la muestra M11. El color presenta un rango más amplio de variación, lo que indica diferencias notorias entre muestras; M11 destacó claramente en este atributo. Sabor, valor mínimo 3,065 en la muestra M2. Valor máximo 7,452 en la muestra M8. El sabor es el atributo con mayor dispersión, mostrando la mayor diferencia entre la

muestra peor evaluada y la mejor. El sabor de M8 fue muy bien aceptado, mientras que M2 fue poco apreciada. Textura, valor mínimo 3,323 en las muestras M2 y M10. Valor máximo 6,742 en la muestra M8. La textura también presenta diferencias notables; la mejor aceptación se observó en M8, coincidiendo con el mejor sabor. Los resultados muestran que las características sensoriales varían significativamente entre muestras, siendo el sabor y la textura los atributos con mayor rango de variación. La muestra M8 sobresale como la mejor valorada en sabor y textura, mientras que la M5 y M2 presentan las valoraciones más bajas en varios atributos, lo que evidencia áreas de mejora en su formulación o proceso.

**a. Olor**

En la Figura 10, se presenta el ordenamiento de puntaje de las 16 muestras preliminares obtenidas por el panel de jueces semi entrenados.



**Figura 10**

*Ordenamiento de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial del olor de la galleta funcional.*

Nota: Elaboración propia.

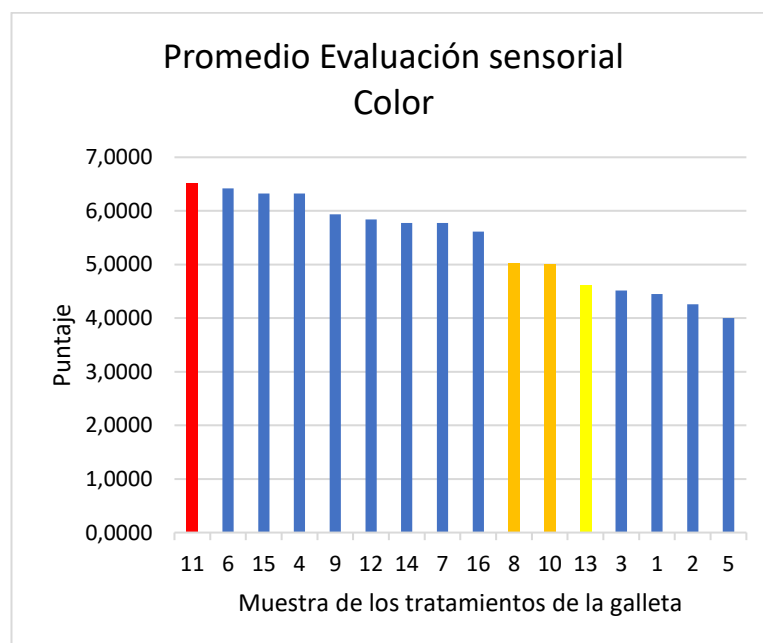
- **Interpretación**

La figura 10, muestra el orden jerárquico de las muestras según la puntuación del atributo “olor”. Las muestras 6, 11 y 15 obtuvieron los mejores puntajes (cerca de 6,0), siendo las más aceptadas en este atributo. Las muestras 2 y 5 presentaron los menores valores (por debajo de 5,0), indicando menor aceptación en cuanto al olor. El resto de las muestras se ubican en un rango intermedio (entre 5,0 y 6,0), con diferencias moderadas entre ellas. En conclusión: El olor fue mejor apreciado en las muestras 6, 11

y 15, mientras que las muestras 2 y 5 fueron las menos valoradas. Esto sugiere que las formulaciones o procesos empleados en estas últimas podrían requerir ajustes para mejorar la aceptación sensorial en este atributo.

## b. Color

En la Figura 11, se presenta el ordenamiento de puntaje de las 16 muestras preliminares, obtenida por el panel de 31 jueces semi entrenados.



**Figura 11**

*Ordenamiento de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial del color de la galleta funcional.*

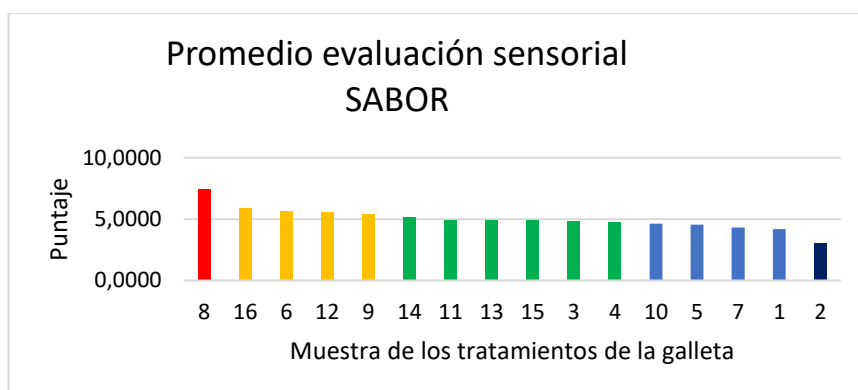
Nota: Elaboración propia.

- **Interpretación**

En la figura 11, la muestra 11, fue la mejor valorada en color, seguida por las muestras 6 y 15, con puntajes cercanos a 6,5–6,7. Las muestras 2 y 5 tuvieron los puntajes más bajos (alrededor de 4,0), lo que indica que su apariencia visual fue la menos atractiva para los evaluadores. El resto de las muestras se ubicó en un rango intermedio (entre 4,5 y 6,0), con diferencias perceptibles, pero no tan marcadas. En conclusión: El atributo color fue mejor aceptado en la muestra 11, mientras que las muestras 2 y 5 resultaron menos atractivas visualmente.

**c. Sabor**

En la Figura 12, se presenta el ordenamiento de puntaje para sabor de las 16 muestras preliminares.



**Figura 12**

*Ordenamiento de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial del sabor de la galleta funcional.*

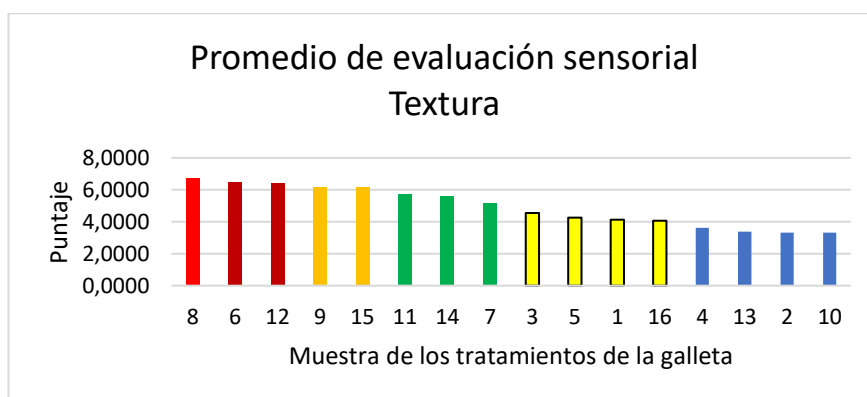
Nota: Elaboración propia.

- **Interpretación**

En la figura 12, la muestra 8 sobresalió con la mejor puntuación en sabor (superior a 7,0), siendo la más aceptada por los evaluadores. Las muestras 2 y 5 obtuvieron los puntajes más bajos (menores a 4,0), reflejando una baja aceptación en este atributo clave. Las demás muestras se distribuyeron en un rango intermedio (5,0–6,0), mostrando una aceptación sensorial moderada. En resumen, el atributo sabor fue muy variable entre las muestras, destacando fuertemente la muestra 8 como la mejor, en contraste con las muestras 2 y 5, que tuvieron una aceptación deficiente.

**d. Textura**

En la Figura 13, se presenta el puntaje para textura de las 16 muestras preliminares.



**Figura 13**

*Ordenamiento de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial de la textura de la galleta funcional.*

Nota: Elaboración propia.

- **Interpretación**

En la figura 13, la muestra 8 alcanzó la mejor puntuación en textura (cerca de 7,0), seguida por las muestras 6 y 12, lo que indica que estas galletas presentaron una textura más agradable para los evaluadores. Las muestras 2 y 10 obtuvieron los puntajes más bajos (alrededor de 3,5), lo que evidencia una menor aceptación en este atributo. El resto de las muestras se distribuyó en un rango intermedio (entre 4,0 y 6,0), con diferencias perceptibles en la calidad de la textura. En conclusión, el atributo textura presentó variabilidad entre las muestras, siendo la muestra 8 la mejor valorada, lo cual coincide con su buen desempeño en otros atributos como el sabor (Figura 12). En contraste, las muestras 2 y 10 mostraron la menor aceptación, lo que indica que su formulación o proceso no generó una textura agradable para el consumidor.

#### ***5.2.4. Resultados del diseño experimental de mezclas y optimización de la formulación.***

En la Tabla 19, se presenta el coeficiente de los componentes de la mezcla que influyen en las respuestas de la galleta funcional y en el Anexo 3 se muestran los resultados de los datos obtenidos.

**Tabla 19**

*Coeficientes de los efectos de los componentes que tienen efectos sobre las respuestas del estudio galleta funcional*

|                | A          | B          | C         | AB        | AC       | BC         | ABC        | A <sup>2</sup> BC | AB <sup>2</sup> C | ABC <sup>2</sup> |
|----------------|------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Olivea         | 6,603      | 5,626      | 3,845     | -2,488    | -2,236   | -1,974     | 14,5       |                   |                   |                  |
| p-values       |            |            |           | 0,6132    | 0,6352   | 0,6452     | 0,6845     |                   |                   |                  |
| kiwicha        | 5,655      | 5,89       | 5,665     | -0,3389   | -1,998   | -1,792     |            | 143,4             | -68,83            | -13,74           |
| p-values       |            |            |           | 0,8100    | 0,1740   | 0,1743     |            | 0,0796            | 0,1436            | 0,7469           |
| yacón          | 5,034      | 6,313      | 5,974     | 2,041     | -3,819   | -4,193     |            | 367               | -186,9            | -71,18           |
| p-values       |            |            |           | 0,4611    | 0,1774   | 0,1093     |            | 0,0298            | 0,0536            | 0,3971           |
|                | 7,126      | 4,957      | 5,411     | -5,594    | -8,274   | -1,168     |            | 315,2             | -199,9            | 21,07            |
| p-values       |            |            |           | 0,0493    | 0,0086   | 0,5881     |            | 0,0357            | 0,0283            | 0,7754           |
| R <sup>2</sup> | -1,432E+05 | -1,079E+04 | 4,606E+04 | 3,361E+05 | 2,55E+05 | -5,747E+04 | -5,707E+05 |                   |                   |                  |
| p-values       |            |            |           | 0,0160    | 0,1173   | 0,6841     | 0,1969     |                   |                   |                  |

Nota: Design Expert V.13.

### • Interpretación

La Tabla 19, presenta los coeficientes y p-values de los modelos estadísticos utilizados para predecir las respuestas sensoriales (textura, olor, color, sabor) en función de las proporciones de los tres ingredientes: aceite de oliva extra virgen (A), harina de kiwicha (B) y harina de yacón (C).

Para la textura, ningún efecto es significativo (todos los  $p > 0,6$ ), lo que indica que el modelo no es confiable para predecir este atributo.

Para el olor, los efectos principales son positivos, pero no significativos. Sin embargo, los términos cuadráticos  $A^2BC$  y  $AB^2C$  muestran

tendencias cercanas a la significancia ( $p=0,0796$  y  $p=0,1436$ ), sugiriendo que la interacción entre los ingredientes podría tener un efecto moderado.

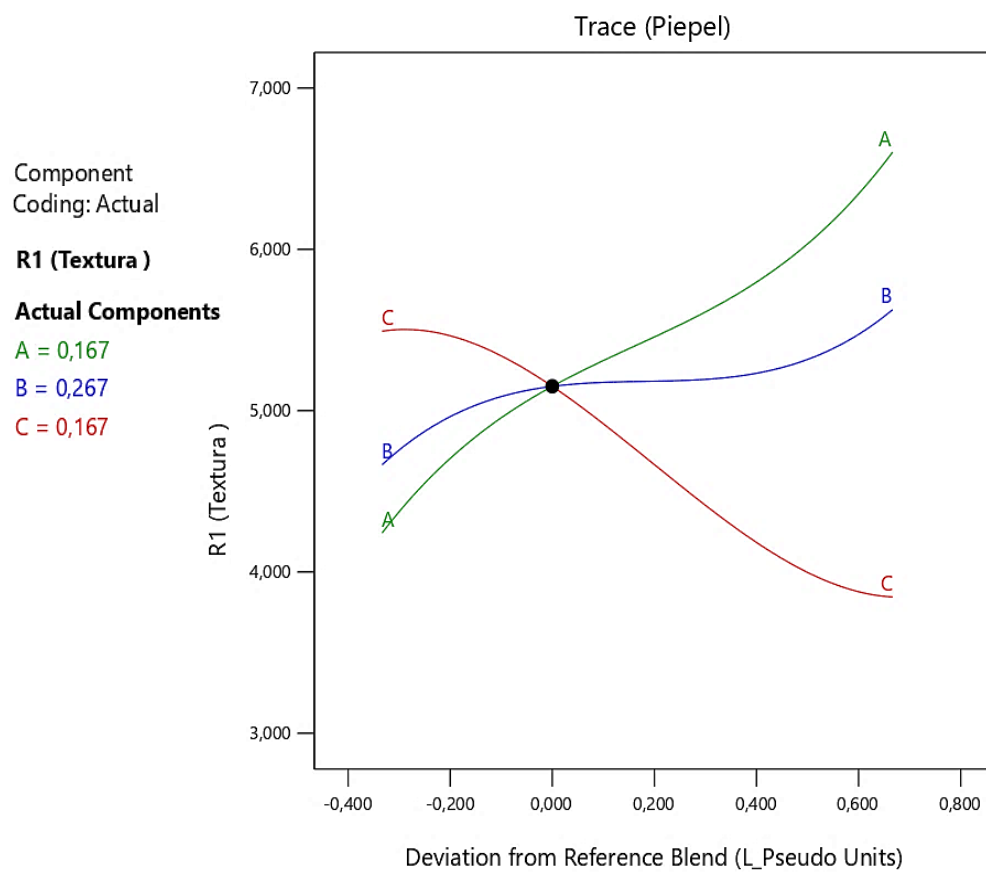
Para el color, el modelo es más robusto. El término  $A^2BC$  es significativo ( $p=0,0298$ ), lo que indica que el efecto del AOEV sobre el color depende fuertemente de la presencia de kiwicha y yacón.

Para el sabor, el modelo es el más significativo. El efecto principal del AOEV (A) es positivo y fuerte, pero su interacción con el yacón (C) es negativa y significativa (AC,  $p=0,0086$ ). Además, los términos cuadráticos  $A^2BC$  y  $AB^2C$  son significativos ( $p=0,0357$  y  $p=0,0283$ ), lo que demuestra que el sabor está fuertemente influenciado por interacciones no lineales entre los ingredientes.

En resumen, el aceite de oliva extra virgen es el ingrediente más influyente en los modelos de color y sabor, mientras que la harina de yacón tiene un efecto negativo significativo en el sabor cuando se combina con el AOEV. La harina de kiwicha actúa principalmente como modulador en las interacciones, especialmente en el color.

### 5.2.5. Efectos de los componentes de la mezcla sobre las principales respuestas

#### a. Textura



**Figura 14**  
Efectos principales para la respuesta textura.

Nota: Design expert V.13

- **Interpretación**

Con los resultados promedios de la aceptabilidad de la textura

(Tabla 17), se realizó el análisis de efectos principales de los componentes de la mezcla (A: aceite de oliva, B: harina de kiwicha y C: harina de yacón) estos efectos se muestran en el gráfico de trazado que se muestra en la Figura 14. Dicho análisis preliminar muestra que al factor A: aceite de oliva como el más importante a considerar en lo que a la aceptabilidad sensorial de la textura corresponde. Cantidades mayores de aceite de oliva reportaran mejores condiciones de aceptación de la galleta que a mayor cantidad de harina de yacón (B) evidencia el efecto contrario.

El análisis de varianza presentada en el Anexo 5.a para el modelo de regresión lineal para la aceptabilidad de textura sensorial, mostró un índice de determinación de  $R^2 = 0,4088$ ; un índice de variación de 24,99 %. El modelo presenta además regresión no significativa ( $p$  valor  $< 0,4610$ ) para una probabilidad  $\leq 0,05$ . Además, presenta falta de ajuste No significativa (0,1749); por lo que esta ecuación puede, relativamente, usarse con fines de predicción de valores en la región estudiada y construcción del respectivo diagrama de superficie de respuesta. La ecuación empírica para el aspecto, resultado del ajuste de los datos experimentales resultó ser:

- **Ecuación Actual**

$$\text{Textura} = 58,5219 * A + 28,6364 * B + 42,1611 * C + -243,463 *$$

$$AB + -418,425 * AC + -230,606 * BC + 1.812,59 * ABC$$

Component Coding: Actual

**R1 (Textura )**

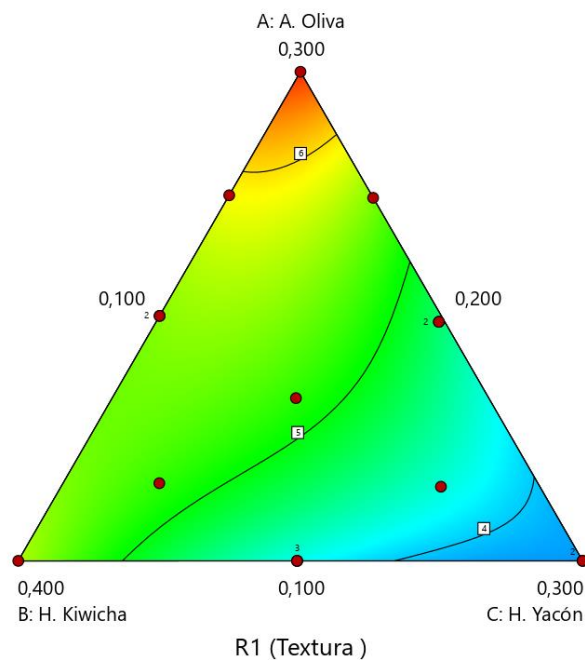
● Design Points

3,323 6,742

X1 = A

X2 = B

X3 = C



**Figura 15**

*Curva de contorno de aceptabilidad de la textura.*

Nota: Design expert V.13

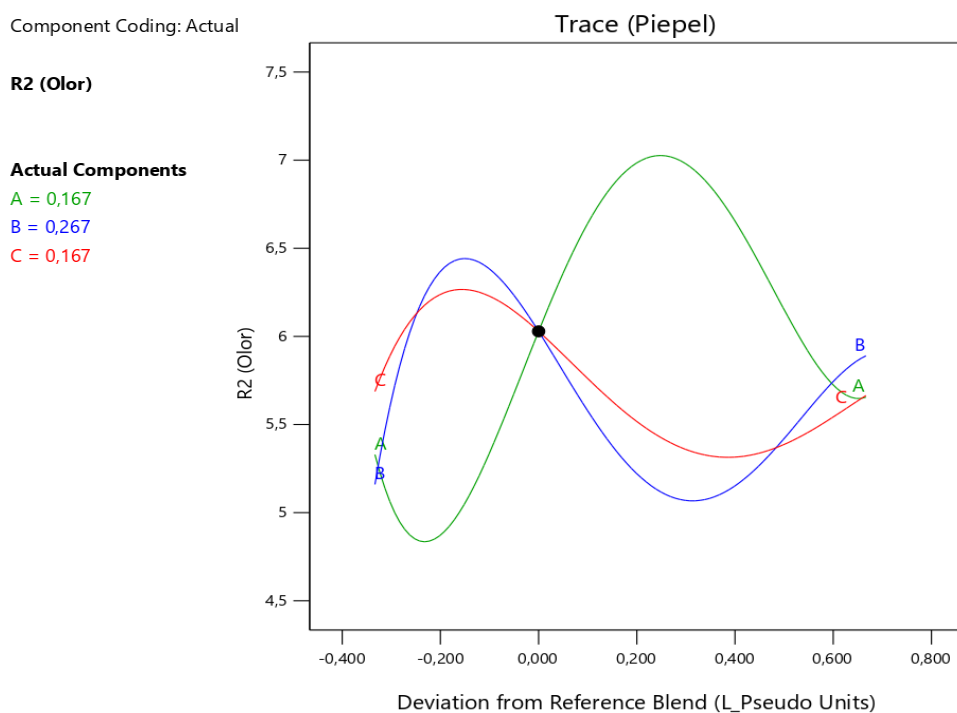
- **Interpretación**

Se construyó el modelo de regresión desarrollado para la percepción de la textura. En la Figura 15, se muestra la curva de contorno para la aceptabilidad de la textura de la galleta, según la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón. Se muestra que la región

de máxima intensidad (en rojo) en percepción del atributo “textura” de la galleta, ocurre en aquellas muestras que han tenido una mayor concentración de aceite de oliva y de harina de kiwicha y un bajo nivel de harina de yacón. Esto demuestra que una mayor concentración de aceite de oliva permite un producto más homogéneo y una concentración más baja de harina de yacón previene la excesiva dureza del producto independiente de la concentración de harina de kiwicha.

## b. Olor

En la Figura 16 se presenta los efectos principales para la respuesta olor.



**Figura 16**  
*Efectos principales para la respuesta olor.*

Nota: Design expert V.13

- **Interpretación**

Con los resultados promedios de la aceptabilidad del olor (Tabla 17) se realizó el análisis de los efectos principales A: aceite de oliva, B: harina de kiwicha y C: harina de yacón, mediante el gráfico de trazos, que se muestra en la Figura 16. Se destaca que el factor A: aceite de oliva tiene relación directa con la mayor aceptabilidad del olor hasta un valor máximo después del cual, un exceso de aceite de oliva repercute en forma negativa pues el aceite de oliva tiene componentes aromáticos que son detectados en la galleta. El factor B: harina de kiwicha y factor C: harina de yacón tiene un efecto contrario pues a mayor cantidad, mayor es el rechazo del panel sensorial.

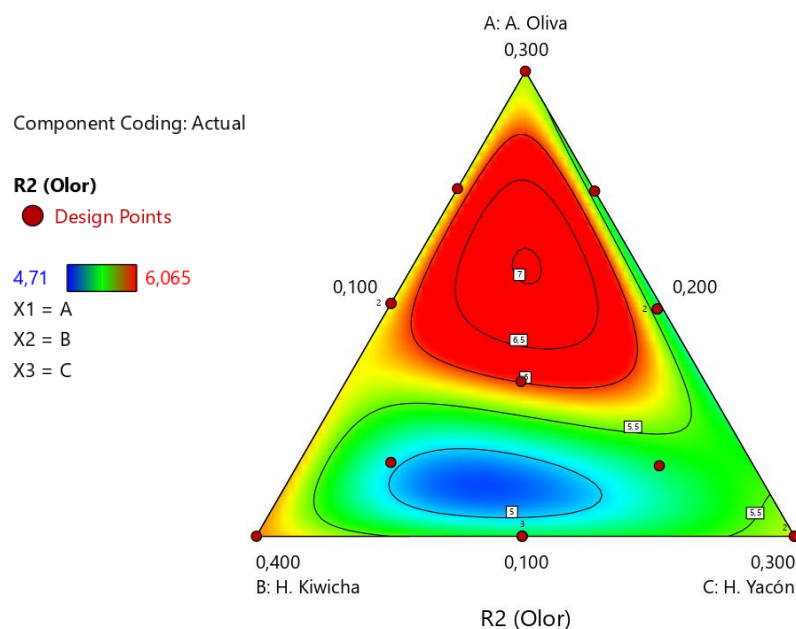
El análisis de varianza presentado en el Anexo 5.b, para el modelo de regresión completo para la aceptabilidad del olor, mostró un índice de determinación  $R^2 = 0,5438$ ; y un índice de variación de 6,39%. El modelo presenta además regresión no significativa ( $p$  valor=0,4843) para una probabilidad  $\leq 0,05$ . Asimismo, presenta falta de ajuste No significativa ( $p$  valor =0,2206); por lo esta ecuación puede considerarse para fines de predicción de valores en la región en estudio y la construcción del respectivo diagrama de superficie de respuesta. La ecuación empírica que relaciona a las variables en estudio con respecto a la aceptabilidad sensorial del olor de la

galleta, como resultado del ajuste de los datos experimentales es: El modelo de regresión desarrollado para la percepción del olor (modelo cuadrático) es:

- **Ecuación Actual**

$$\begin{aligned} \text{Olor} = & 5,65505 * A + 5,89 * B + 5,66477 * C + -0,338869 * AB + - \\ & 1,99791 * AC + -1,79199 * BC + 143,387 * A^2BC + - \\ & 68,8346 * AB^2C + -13,7394 * ABC^2 \end{aligned}$$

Este modelo se usó para construir la Figura 17, curva de contorno. El modelo matemático hallado representa adecuadamente los datos experimentales.



**Figura 17**  
*Curva de contorno de aceptabilidad de olor.*

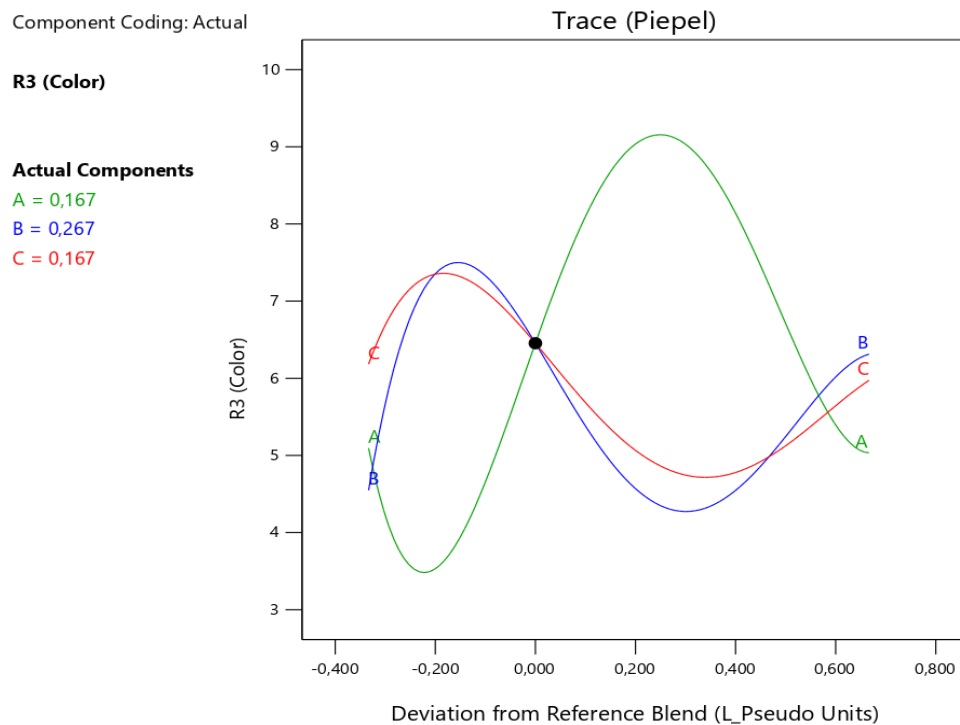
Nota: Design expert V.13

- **Interpretación**

En la Figura 17, se muestra la superficie de contorno para esta mezcla y se aprecia la tendencia cuando se hace máxima la aceptabilidad del olor, observándose una región en intensidad en color rojo, y dicha percepción ocurre para el efecto del aceite de oliva cuando es máxima y la concentración de harina de kiwicha y de harina de yacón se hacen mínimas. En el grafico se observa que existen dos zonas, una de maximización del olor (zona de color rojo) y otra zona de minimización (color azul). Esto demuestra que la aceptabilidad del olor en la galleta depende de las variables en estudio propuestas; y además está en rango de 5,51 que, según la escala hedónica empleada, categoriza a la galleta como “me gusta levemente”.

### c. Color

En la Figura 18 se presenta los efectos principales para la respuesta color.



**Figura 18**  
*Efectos principales para la respuesta color.*

Nota: Design expert V.13

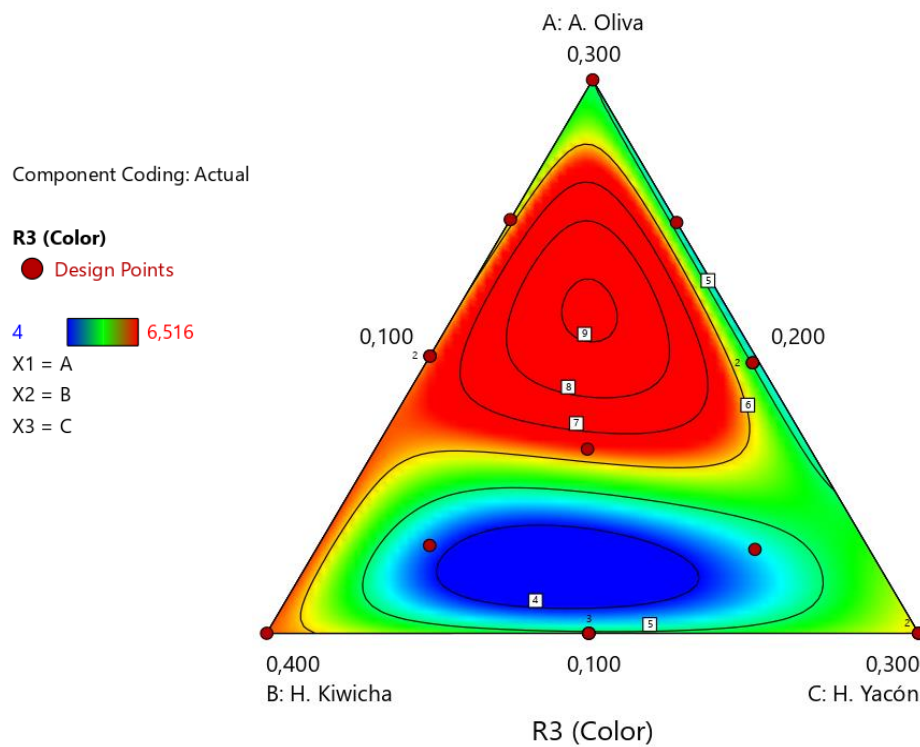
- **Interpretación**

Con los resultados promedios para el color (Tabla 17), se realizó el análisis de los efectos principales de A: aceite de oliva, B: harina de kiwicha y C: harina de yacón, mediante el gráfico de trazos, que se muestra en la Figura 18. Se destaca que el factor A: aceite de oliva tiene relación directa

con la mayor aceptabilidad del color hasta un valor máximo 9 puntos, después del cual, un exceso de aceite de oliva repercute en forma negativa pues el color de la galleta. El factor B: harina de kiwicha y factor C: harina de yacón tiene un efecto contrario pues a mayor cantidad, mayor es el rechazo del panel sensorial. El análisis de varianza presentado en el Anexo 5.c, para el modelo de regresión completo para la aceptabilidad del color, mostró un índice de determinación  $R^2 = 0,6968$ ; y un índice de variación de 12,58%. El modelo presenta además regresión no significativa ( $p$  valor=0,1865) para una probabilidad  $\leq 0,05$ . Asimismo, presenta falta de ajuste es No significativa ( $p$  valor =0,9813); por lo esta ecuación puede considerarse para fines de predicción de valores en la región en estudio y la construcción del respectivo diagrama de superficie de respuesta. Los efectos cuadráticos de A: aceite de oliva junto con los efectos lineales de B: harina de kiwicha y C: harina de yacón, son significativos en la respuesta color ( $p$ -valor= 0,0298). Así mismo los efectos cuadráticos de B: Harina de kiwicha y los efectos lineales de A: aceite de oliva y C: harina de yacón también son significativos en la respuesta color para un  $p$ -valor= 0,0536. La ecuación empírica que relaciona a las variables en estudio con respecto a la aceptabilidad sensorial del color de la galleta, como resultado del ajuste de los datos experimentales es:

- ***Ecuación actual***

$$\begin{aligned} \text{Color} = & 5,03365 * A + 6,31326 * B + 5,97352 * C + 2,04082 * AB + \\ & -3,81948 * AC + -4,19305 * BC + 366,973 * A^2BC + - \\ & 186,887 * AB^2C + -71,1782 * ABC^2 \end{aligned}$$



**Figura 19**  
*Curva de contorno de aceptabilidad de color.*

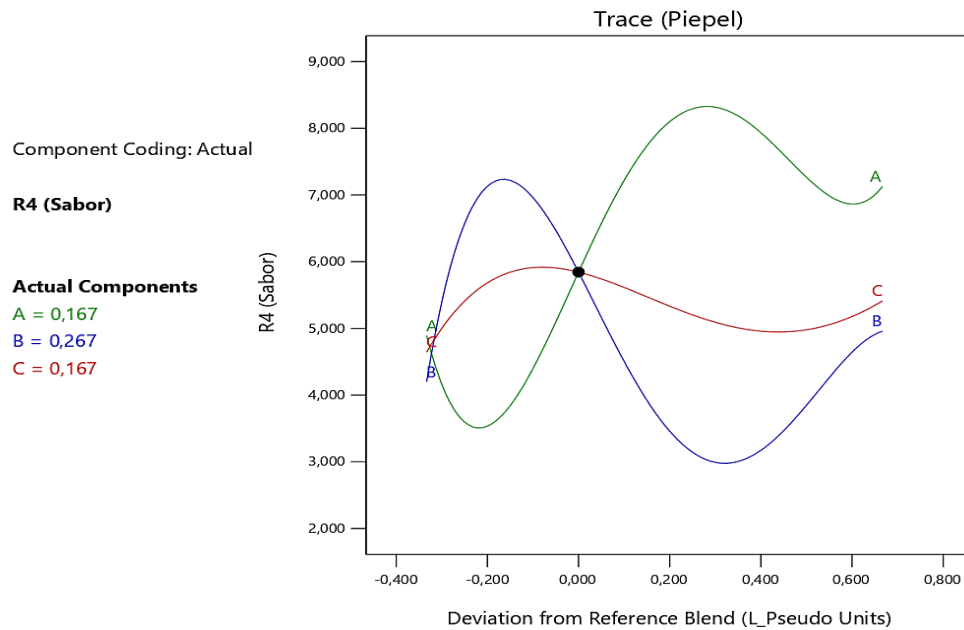
Nota: Design expert V.13

- **Interpretación**

En la Figura 19, se muestra el gráfico de contorno para esta mezcla. Existiendo una región de color rojo, (maximización) cuando los valores de los factores A: aceite de oliva, presenta valores por encima de la media y B: harina de kiwicha y C: harina de yacón se encuentra con valores por debajo de la media. Existe además una zona de minimización (color azul) cuando los factores A: aceite de oliva se encuentra por debajo de un cuarto del valor de la mezcla y los factores B: harina de kiwicha y C: harina de yacón, se encuentra por encima de la media de la mezcla. Esto demuestra que la aceptabilidad del color en la galleta depende de las variables en estudio propuestas en la mezcla; y además está en rango promedio de 5,40 que, según la escala hedónica empleada, categoriza a la galleta como “me gusta levemente”.

#### d. Sabor

En la figura 20 se muestra los efectos principales para la respuesta sabor.



**Figura 20**

*Efectos principales para la respuesta sabor.*

Nota: Design expert V.13

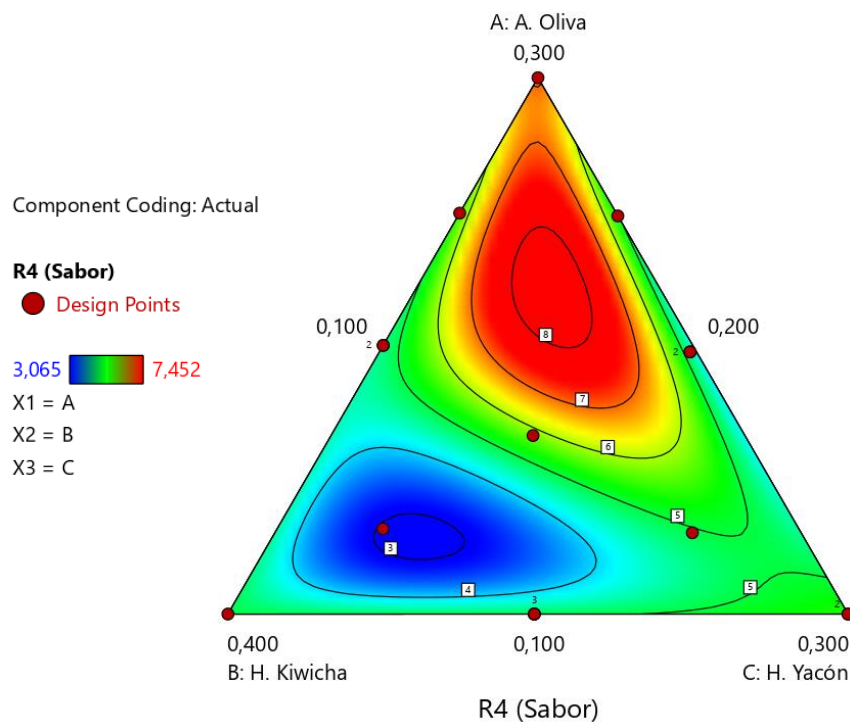
- **Interpretación**

Si bien los gustos salados y dulces se perciben en mezcla como propiedades sensoriales distintas, la intensidad del gusto salado y dulce es diferente cuando ambos están presentes. La supresión es un fenómeno por el cual la intensidad percibida de dos gustos en una mezcla es menor que si los mismos se percibieran por separado a igual nivel de concentración (Torricella et al., 2020)

Con los resultados promedios de la aceptabilidad del sabor presentado en la Tabla 17, se realizó el análisis de los efectos principales de los componentes de la mezcla A: aceite de oliva, B: harina de kiwicha y C: harina de yacón. (Figura 20). El análisis de varianza presentado en el Anexo 5.d. para el modelo matemático hallado representa adecuadamente los datos experimentales. Además, el valor del índice de determinación múltiple ( $R^2$ ) es 0,8005, valor muy cercano a 1 o 100 % y un índice de variación 12,7 % para el modelo de la mezcla (cuartic vs quadratc). Además, el modelo presenta regresión no significativa (p valor=0,0576) para una probabilidad  $\leq 0,05$ . También presenta falta de ajuste es No significativa (p valor = 0,2023) por lo que esta ecuación es confiable para fines de predicción de valores en la región estudiada y la construcción de la respectiva curva de superficie de respuesta.

- ***Ecuación Actual***

$$\begin{aligned} \text{Sabor} = & 7,12636 * A + 4,95691 * B + 5,41089 * C + -5,59443 * AB \\ & + -8,2739 * AC + -1,16788 * BC + 315,157 * A^2BC + - \\ & 199,941 * AB^2C + 21,0727 * ABC^2 \end{aligned}$$



**Figura 21**  
*Curva de contorno de aceptabilidad de sabor.*

Nota: Design expert V.13

- Interpretación**

En la Figura 21, curva de contorno, se aprecia que la zona roja, máximo valor, que representa la mayor aceptabilidad del sabor se encuentra cuando la concentración A: aceite de oliva es mayor. Así mismo, la menor aceptabilidad de sabor, se encuentra cuando la concentración de B: kiwicha es mayor, representado por la región de color azul. En tanto que C: harina de yacón, presenta valores bajos para ambos casos. Esto demuestra que una

mayor concentración de aceite de oliva permite una galleta más aceptable en sabor, esto se explica puesto porque la galleta tiene como ingrediente al aceite de oliva siendo este un producto bastante concentrado que aporta aromas, en tanto que la kiwicha enmascara la percepción grasa permitiendo una mayor aceptación de la galleta, asimismo el típico sabor a aceituna ya no es tan rechazado.

**5.2.6. Fórmula optimizada para la galleta según Función Deseabilidad (Fd).**

La optimización numérica mediante la Función de Deseabilidad (Fd) arrojó cinco formulaciones candidatas con deseabilidad global superior al 95 % (Tabla 20). La solución seleccionada (Tratamiento 17) presentó una deseabilidad de 99,3 % y una composición de 17,70 % de aceite de oliva extra virgen, 29,30 % de harina de kiwicha y 13,00 % de harina de yacón (Tabla 21).

**Tabla 20**  
*Optimización numérica de la mezcla para la determinación de los parámetros de elaboración de galleta funcional.*

| Number | A.<br>Oliva | H.<br>Kiwicha | H.<br>Yacón | Textura | Olor  | Color | Sabor | Desirability |          |
|--------|-------------|---------------|-------------|---------|-------|-------|-------|--------------|----------|
| 1      | 0,177       | 0,293         | 0,130       | 4,402   | 5,183 | 4,688 | 4,111 | 0,993        | Selected |
| 2      | 0,104       | 0,334         | 0,162       | 4,703   | 5,221 | 4,710 | 4,241 | 0,923        |          |
| 3      | 0,127       | 0,230         | 0,243       | 4,218   | 5,300 | 4,710 | 4,947 | 0,763        |          |
| 4      | 0,100       | 0,320         | 0,180       | 4,442   | 5,370 | 5,172 | 4,858 | 0,760        |          |
| 5      | 0,261       | 0,239         | 0,100       | 6,023   | 5,648 | 5,603 | 5,827 | 0,506        |          |

Nota: Design Expert V.13.

- **Interpretación**

La tabla 20, nos presenta nos sugiere cinco formulaciones de la mezcla optimizada. Se seleccionó la fórmula 1 para un valor de deseabilidad de 0,993 igual al 99,3%.

**Tabla 21**

*Valores óptimos para la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón.*

| <b>Ingredientes</b>          | <b>Rango en %</b>      | <b>Óptimo</b> |
|------------------------------|------------------------|---------------|
| Aceite de oliva extra virgen | 10% ≤ A. oliva ≤ 30%   | 17,70%        |
| Harina de kiwicha            | 20% ≤ H. kiwicha ≤ 40% | 29,30%        |
| Harina de yacón              | 10% ≤ H. yacón ≤ 30%   | 13,00%        |
| <b>Total, mezcla</b>         |                        | <b>60,00%</b> |

Nota: Design Expert V.13.

- **Interpretación**

En la Tabla 21, se presenta la formulación óptima obtenida mediante la función de deseabilidad, que equilibra simultáneamente los atributos sensoriales de olor, color, sabor y textura. Los porcentajes indicados corresponden a la proporción de cada ingrediente dentro del 60 % de la mezcla variable de la formulación total. El 40 % restante de la receta está conformado por stevia líquida, esencia de vainilla líquida, sal, polvo de

hornear, harina de nopal, canela en polvo y huevo fresco, los cuales se mantuvieron fijos durante todo el experimento, según lo establecido en la delimitación teórica (sección 1.3.3). En el Anexo 8 se presenta la imagen del ensayo experimental de la muestra optimizada a nivel de laboratorio.

#### 5.2.7. Resultados físico-químicos y microbiológicos de la formulación óptima (producto optimizado).

La Tabla 22 muestra los resultados del análisis físico-químicos de la formulación óptima de la galleta funcional.

**Tabla 22**  
*Resultados físico-químicos (proximal) de la formulación óptima de la galleta funcional.*

| Muestra            | Proteínas<br>g/100g | Carbohidratos<br>g/100g | Lípidos<br>g/100g | Fibra cruda<br>g/100g | Humedad<br>g/100g | Cenizas<br>g/100g |
|--------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| 17<br>(optimizado) | 8,90 ± 0,17         | 52,21 ± 0,10            | 26,21 ± 0,10      | 6,33 ± 0,05           | 7,79 ± 0,04       | 4,89 ± 0,01       |

Nota: La humedad y cenizas fueron medidos en el laboratorio de la ESIA-UNJBG; la proteína, cho, lípidos y fibra cruda provienen del informe del Laboratorio de Calidad de la Universidad Católica de Santa María (Arequipa).

#### • Interpretación

La tabla 22 muestra la formulación óptima (Tratamiento 17), el cual presenta un perfil nutricional mejorado: 8,90 % de proteínas y 6,33 % de fibra

cruda, superando ampliamente los valores típicos de galletas convencionales y cumpliendo los umbrales para alimentos funcionales.

Su contenido de 26,21 % de lípidos proviene principalmente del aceite de oliva extra virgen, aportando grasas monoinsaturadas beneficiosas, mientras que la humedad de 7,79 % garantiza textura crujiente y estabilidad microbiológica.

La Tabla 23, muestra los resultados del análisis físico y químico de la formulación óptima de la galleta funcional.

**Tabla 23**

*Resultado de características físico-químicas de la formulación óptima de la galleta funcional.*

| Muestra            | Acidez titulable<br>g/100g de ácido<br>sulfúrico | Índice de peróxidos<br>mEq/kg | Densidad aparente<br>g/ml | Densidad absoluta<br>g/ml | pH          |
|--------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------|
| 17<br>(optimizado) | 0,05 ± 0,01                                      | 3,34 ± 0,28                   | 0,76 ± 0,12               | 0,85 ± 0,01               | 6,64 ± 0,15 |

Nota: La densidad aparente y absoluta fueron medidos en el laboratorio de la ESIA-UNJBG; la acidez titulable o total y el índice de peróxidos provienen del informe del Laboratorio de Calidad de la Universidad Católica de Santa María (Arequipa).

- **Interpretación**

En la tabla 23, se muestra la formulación óptima, el cual presenta un pH de 6,64 y una acidez titulable baja (0,05 %), indicativos de estabilidad y ausencia de deterioro. Su índice de peróxidos (3,34 meq/kg) refleja buena estabilidad oxidativa, atribuible al horneado suave (120 °C) y a los

antioxidantes del aceite de oliva. La densidad aparente (0,76 g/mL) y absoluta (0,85 g/mL) sugieren una estructura balanceada entre porosa y compacta, acorde con la textura sensorial neutral (5,13). En conjunto, los resultados confirman que el producto es tecnológicamente viable y estable como galleta funcional.

#### **5.2.8. Resultados de análisis sensorial de la formulación óptima (producto optimizado)**

En la Tabla 24, se presenta el puntaje promedio de los atributos (color, olor, sabor y textura) de la evaluación sensorial de la formulación óptima de la galleta funcional. Estas fueron obtenidas por la evaluación de un panel de 31 jueces semientrenados en los ambientes del laboratorio de la ESIA.

**Tabla 24**

*Resultados de la evaluación sensorial de los atributos de la formulación óptima de la galleta funcional realizado por un panel de 31 jueces semientrenados.*

| DESCRIPCIÓN                | COLOR        | OLOR         | SABOR        | TEXTURA      |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Muestra 17<br>(optimizado) |              |              |              |              |
| <b>PROMEDIO</b>            | <b>5,387</b> | <b>5,903</b> | <b>5,290</b> | <b>5,129</b> |

Nota: Elaboración propia.

- **Interpretación**

En la Tabla 24, se muestra la puntuación promedio de cada atributo evaluado según panel de 31 jueces semi entrenados y el cual concluyo lo siguiente:

- a. Olor: Como se aprecia en la Tabla 24, el olor obtenido fue de un promedio de puntuación de 5,903 que indica según el puntaje hedónico como: "me gusta levemente"
- b. Color: Como se aprecia en la Tabla 24, el color obtenido fue de un promedio de puntuación de 5,387 que indica según el puntaje hedónico como: "no me gusta ni me disgusta".
- c. Sabor: Como se aprecia en la Tabla 24, el sabor obtenido fue de un promedio de puntuación de 5,290 que indica según el puntaje hedónico como: "no me gusta ni me disgusta".
- d. Textura: Como se aprecia en la Tabla 24, la textura obtenida fue de un promedio de puntuación de 5,129 que indica según el puntaje hedónico como: "no me gusta ni me disgusta".

En el Anexo 9, se presenta la etiqueta y envoltura del prototipo de galleta funcional optimizado (producto optimizado).

### 5.2.9. Resultados complementarios de análisis microbiológico de la formulación óptima (producto optimizado)

En la Tabla 25, se presenta los resultados complementarios de los análisis microbiológicos de la formulación óptima de la galleta funcional. Estas fueron obtenidas del Laboratorio de Calidad de la Universidad Católica de Santa María (Arequipa).

**Tabla25**

*Resultados complementarios de la evaluación microbiológica de la formulación óptima de la galleta funcional.*

| DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS                                                   | UNIDADES | RESULTADO           |                     |                     |
|----------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                            |          | R1                  | R2                  | R3                  |
| <b>NUMERACION DE COLIFORMES TOTALES</b>                                    |          |                     |                     |                     |
| ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 132-134(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia) | NMP/g    | < 3                 | < 3                 | < 3                 |
| <b>NUMERACION DE MOHOS</b>                                                 |          |                     |                     |                     |
| ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia) | UFC/g    | < 10                | < 10                | < 10                |
| <b>NUMERACION DE LEVADURAS</b>                                             |          |                     |                     |                     |
| ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia) | UFC/g    | < 10                | < 10                | < 10                |
| <b>NUMERACION DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESOFILOS VIABLES</b>            |          |                     |                     |                     |
| ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 120-124(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia) | UFC/g    | 70 x10 <sup>3</sup> | 71 x10 <sup>3</sup> | 74 x10 <sup>3</sup> |

Nota: Para los microorganismos aerobios mesófilos viables, se reporta el valor promedio de las tres repeticiones: 72 x10<sup>3</sup> UFC/g. Los análisis microbiológicos provienen del informe del Laboratorio de Calidad de la Universidad Católica de Santa María (Arequipa).

- **Interpretación**

En la tabla 25, se muestra los resultados complementarios de los análisis microbiológicos; el cual revela que la formulación óptima presenta una excelente calidad higiénica. No se detectaron coliformes totales, mohos ni levaduras en ninguna de las tres repeticiones, lo que indica un proceso de elaboración bajo condiciones sanitarias adecuadas. En cuanto a los microorganismos aerobios mesófilos viables indicador general de contaminación, el conteo promedio fue de  $72 \times 10^3$  UFC/g, valor que se encuentra dentro de los límites aceptables para productos de panadería y galletas secas según normas internacionales. Estos resultados confirman que la galleta funcional desarrollada es microbiológicamente segura para el consumo humano.

### 5.3. DISCUSIÓN

- a. La presente investigación logró optimizar una formulación innovadora de galleta funcional mediante la combinación sinérgica de tres ingredientes andinos: aceite de oliva extra virgen (AOEV), harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), que en conjunto representan el 60 % de la formulación total. El 40 % restante, compuesto por stevia líquida, huevo fresco, canela, polvo de hornear, harina de nopal, vainilla y sal, se mantuvo fijo en todos los tratamientos, sin interferir en las variables estudiadas.

La formulación óptima 17,70 % AOEV, 29,30 % harina de kiwicha y 13,00 % harina de yacón fue identificada mediante la Función de Deseabilidad (Fd), con una deseabilidad global de 99,3 % (Tabla 21), confirmando un equilibrio entre propiedades nutricionales, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial moderada, en coherencia con el objetivo general del estudio.

- b. Los resultados fisicoquímicos de la formulación optimizada confirman su potencial funcional. El contenido proteico (8,90 %) y de fibra cruda (6,33 %) supera los valores típicos de galletas convencionales de trigo (Man et al., 2017; Chauhan et al., 2015),

atribuible a la kiwicha, pseudocereal reconocido por su alto contenido de proteínas completas y fibra dietética (Agüero et al, 2022; Martinez-Lopez et al., 2020). El aporte lipídico (26,21 %) proviene del AOEV, fuente de ácido oleico y compuestos fenólicos cardioprotectores (Montaña et al, 2021). El bajo índice de peróxidos (3,34 meq/kg) refleja una excelente estabilidad oxidativa, atribuible a la capacidad antioxidante del AOEV y al horneado controlado (120 °C), que preservó los compuestos fenólicos termosensibles (Giuffrè et al., 2022; Ambra et al., 2022). La preservación parcial de los FOS del yacón se infiere del pH neutro (6,64), que limita su hidrólisis térmica (Le et al., 2022), aunque su cuantificación directa queda pendiente.

- c. En cuanto a los atributos sensoriales, la formulación obtuvo puntuaciones promedio en la escala hedónica de 5,90 en olor, 5,39 en color, 5,29 en sabor y 5,13 en textura, lo que según la escala empleada corresponde a una aceptabilidad moderada ("no me gusta ni me disgusta", excepto en olor, calificado como "me gusta levemente"). Estos valores son inferiores a los reportados por Hidalgo & Pérez (2018) para galletas con kiwicha (>6,0), diferencia explicable por la mayor complejidad sensorial del AOEV y sus notas amargas. No obstante, el AOEV no generó rechazo más pronunciado, dado que las

proteínas de kiwicha enmascararon parcialmente los compuestos fenólicos responsables de su amargor mediante interacciones no covalentes proteína-fenol (Peyrot des Gachons et al., 2021; Ambra et al., 2022). Este efecto sinérgico resulta clave para la viabilidad sensorial del producto.

- d. Además, el 13 % de harina de yacón evitó el exceso de humedad (Tabla 11) y la pérdida de crocancia (Tabla 17) observados en tratamientos con niveles superiores al 20–30 %, tal como advierten Simanca-Sotelo et al. (2021) y Granados et al. (2021), quienes reportan que inclusiones >30 % generan texturas húmedas o colores oscuros. La optimización preservó la funcionalidad del yacón, fibra e inulina prebiótica, sin sacrificar la textura crujiente, atributo fundamental en galletas.
- e. Desde el punto de vista microbiológico, la formulación óptima demostró ser segura para el consumo, con ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras, y aerobios mesófilos ( $72 \times 10^3$  UFC/g) dentro de los límites permisibles para galletería seca (Tabla 25). La humedad final (7,79 %) y el envasado al vacío sustentan la estabilidad durante los 30 días evaluados (20–25 °C), período que representa la

vida útil mínima demostrada, en cumplimiento de la Norma Sanitaria MINSA RM N.º 1020-2010.

- f. La formulación también da respuesta a los objetivos específicos: (1) las proporciones de AOEV, kiwicha y yacón tienen un efecto directo y cuantificable sobre la composición nutricional (proteína, fibra, lípidos) y la estabilidad (índice de peróxidos, pH); (2) la interacción entre ingredientes influyó significativamente en la aceptabilidad sensorial, como confirma el modelo de sabor ( $R^2 = 0,8005$ ;  $p = 0,0576$ , significancia marginal al 90 %), donde la interacción  $\text{AOEV} \times \text{yacón}$  resultó significativa ( $p = 0,0086$ ) y el efecto  $A^2BC$  fue significativo en color ( $p = 0,0298$ ); y (3) se logró una proporción óptima que maximiza simultáneamente los atributos nutricionales, sensoriales y de estabilidad, validada experimentalmente.
- g. En comparación con estudios previos, esta investigación aporta originalidad al abordar por primera vez la combinación tripartita de estos ingredientes mediante un diseño de mezclas restringidas I-Optimal y la función de deseabilidad, metodología robusta que permite predecir y equilibrar múltiples respuestas concurrentes (Cornell, 2011). A diferencia de trabajos que evalúan ingredientes de

forma aislada o en pares (Hidalgo & Pérez, 2018; Simanca-Sotelo et al., 2021), este enfoque multivariado garantiza una formulación globalmente óptima, no solo nutricionalmente, sino también tecnológicamente viable.

- h. Sin embargo, se reconocen como limitaciones que la aceptabilidad sensorial no alcanzó niveles altos ("me gusta mucho"), lo que podría atribuirse a la subjetividad del panel semientrenado, al amargor residual del AOEV y a la ausencia de cuantificación directa de FOS, polifenoles y tocoferoles en el producto, cuyos efectos funcionales se sustentan en evidencia bibliográfica indirecta. Futuras investigaciones podrían explorar el popping de kiwicha para reducir saponinas (Jimoh et al., 2020), la cuantificación por HPLC y la validación clínica en poblaciones con condiciones metabólicas. Esta formulación representa una alternativa alimentaria innovadora, saludable y culturalmente pertinente, que aprovecha la biodiversidad andina y los recursos locales (AOEV de Tacna) para ofrecer un producto sin gluten, bajo en azúcares refinados, rico en fibra y grasas saludables, alineado con las tendencias globales de alimentación funcional y las necesidades de poblaciones con intolerancias alimentarias.

## **CONCLUSIONES**

1. Se confirma la hipótesis general, evidenciándose que la optimización de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón mejora la formulación de una galleta funcional dentro del modelo experimental, logrando una composición nutricional enriquecida (8,90 % de proteína, 6,33 % de fibra y 26,21 % de lípidos), junto con adecuados niveles de estabilidad oxidativa y microbiológica, y una aceptabilidad sensorial moderada.
2. Cada ingrediente presenta un efecto directo y cuantificable sobre las propiedades del producto, observándose que el aceite de oliva extra virgen contribuye principalmente al contenido lipídico y a la estabilidad oxidativa; la harina de kiwicha incrementa el contenido de proteína y fibra; y la harina de yacón aporta fibra y dulzor natural. No obstante, en proporciones elevadas, el yacón incrementa la humedad y afecta negativamente la textura. Estos efectos se manifiestan de manera interdependiente, evidenciando la presencia de interacciones propias de un sistema de mezclas.

3. La aceptabilidad sensorial del producto depende de la interacción entre los componentes de la mezcla, observándose que determinadas combinaciones de aceite de oliva extra virgen y harina de yacón tienden a afectar negativamente el sabor, mientras que la harina de kiwicha contribuye a atenuar el amargor asociado al aceite. Asimismo, la textura se identificó como el atributo sensorial de menor aceptación, optimizándose en formulaciones con niveles moderados de aceite de oliva extra virgen y bajos de harina de yacón.
4. Se identificó y validó experimentalmente una formulación óptima, compuesta por 17,70 % de aceite de oliva extra virgen, 29,30 % de harina de kiwicha y 13,00 % de harina de yacón dentro del 60 % de la fracción variable, alcanzando una deseabilidad global de 99,3 %. Esta formulación cumple con los criterios de inocuidad establecidos por la normativa sanitaria vigente y permite estimar preliminarmente una vida útil mínima de 30 días bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente.

## **RECOMENDACIONES**

1. Validar clínicamente los efectos funcionales del producto mediante estudios en humanos que evalúen su impacto en biomarcadores cardiovasculares, la biodisponibilidad del hierro de la kiwicha y la actividad prebiótica del yacón.
2. Mejorar la textura, atributo sensorial menos aceptado, mediante el uso de sistemas estructurantes como oleogeles o fibras funcionales, evitando grasas saturadas.
3. Cuantificar los compuestos bioactivos (FOS, polifenoles, tocoferoles) en el producto final mediante análisis instrumentales para respaldar científicamente sus propiedades funcionales.
4. Extender la vida útil más allá de los 30 días evaluando envases con mayor barrera a la humedad, como laminados metalizados o materiales biodegradables con refuerzos nanoestructurales.

5. Escalar la formulación a nivel piloto mediante alianzas estratégicas con productores locales de aceite de oliva extra virgen de Tacna, así como de yacón y kiwicha de la región andina, con el propósito de fortalecer una cadena de valor sostenible basada en el aprovechamiento de ingredientes nativos y la promoción de la biodiversidad alimentaria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguero Gauto, S. R., Brítez Segovia, L. M. A., & Reckziegel, Y. (2022). Incorporación de harinas no convencionales derivadas de frutas en un producto de panificación. *Revista Impacto en Ciencia y Tecnología*, 2(1), 16–28.  
<https://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/354>
- Aguirre Ortiz de Villate, L. A., & Echevarría Alarcón, J. B. (2024). *Formulación y evaluación funcional de galletas a base de avena (Avena sativa) y harina de arracacha (Arracacia xanthorrhiza)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Santa.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14278/4844>
- Ambra, R., Lucchetti, S., & Pastore, G. (2022). A review of the effects of olive oil-cooking on phenolic compounds. *Molecules*, 27(3), Artículo 661.  
<https://doi.org/10.3390/molecules27030661>
- Avanza, M. V., & Añón, M. C. (2007). Effect of thermal treatment on the proteins of amaranth isolates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(4), 616-623.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2751>
- Banu, A., Watawana, M. I., Ryan, G., Pogorzalek, M., Granato, D., & Hoffmann Sarda, F. A. (2025). A study on optimizing functional oats and quinoa cookies: The role of fiber in enhancing texture, taste, and sensory acceptance of Rebaudioside A-sweetened formulation. *Functional Food Science*, 5(12), 690–702.  
<https://doi.org/10.31989/ffs.v5i12.1766>

- Barriuso, B., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2016). Unsaturated lipid matrices protect plant sterols from degradation during heating treatment. *Food Chemistry*, 196, 451–458.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.074>
- Brito, I. L., de Souza, E. L., Felex, S. S. S., Madruga, M. S., Yamashita, F., & Magnani, M. (2015). Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)-based cookies development using an experimental mixture design. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5866–5873.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-014-1659-1>
- Burgos, V. E., & Del Castillo, V. C. (2021). Utilización de kiwicha precocida (*Amaranthus caudatus*) para el desarrollo de barras funcionales. *Revista Chilena de Nutrición*, 48(3), 307–318.  
<https://doi.org/10.4067/s0717-75182021000300307>
- Capurro Lévano, J. M., & Huerta Lauya, D. G. (2016). *Elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (Amaranthus caudatus), quinua (Chenopodium quinoa) y maíz (Zea mays)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Santa.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14278/2629>
- Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2015). Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. *LWT - Food Science and Technology*.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>
- Chopra, N., Dhillon, B., Rani, R., & Singh, A. (2018). Physico-nutritional and sensory properties of cookies formulated with quinoa, sweet potato and wheat flour blends. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6(3), 798–806. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22>

- Cicerale, S., Lucas, L., & Keast, R. (2010). Biological activities of phenolic compounds present in virgin olive oil. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(2), 458–479.  
<https://doi.org/10.3390/ijms11020458>
- Contreras, J., Fernández, L., & Martínez, M. (2021). Desarrollo de productos horneados funcionales con ingredientes andinos: Retos y oportunidades. *Revista Chilena de Nutrición*, 48(3), 321–330.
- Córdova Jiménez, B. A., & García Miranda, C. M. (2021). *Elaboración de galletas funcionales de harina de trigo enriquecida con fibra dietética de la cáscara de piña (Ananas comosus) y naranja (Citrus x sinensis)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga.  
<https://hdl.handle.net/20.500.13028/3970>
- Córdova, A., & García, R. (2021). Efecto de la incorporación de harinas no convencionales en propiedades fisicoquímicas y sensoriales de galletas sin gluten. *Innovación y Ciencia en Alimentos*, 10(2), 45–58.
- Cornell, J. A. (2011). *Experiments with mixtures: Designs, models, and the analysis of mixture data (3rd ed.)*. John Wiley & Sons.
- Coronado, D. A., & Salazar, M. E. (2016). Elaboración de harina de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. "Yacón" y su influencia en el crecimiento de dos bacterias probióticas. *Ciencia e Investigación*, 19(2), 70–73.  
<https://doi.org/10.15381/ci.v19i2.13631>
- Cortés R., M., Chiralt B., A., & Puente D., L. (2005). Alimentos funcionales: una historia con mucho presente y futuro. *Vitae*, 12(1), 5–14.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815869001.pdf>

- Dávalos, J. Z., Tirado, A., Romero, V., Cisneros, G., & Gamarra, F. (2023). Structural, thermal and energetic properties of Andean-pseudocereal flours with high nutritional values. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 148(14), 7207–7215.  
<https://doi.org/10.1007/s10973-023-12224-y>
- Giuffrè, A. M., Caracciolo, M., Capocasale, M., Zappia, C., & Poiana, M. (2022). Effects of shortening replacement with extra virgin olive oil on the physical–chemical–sensory properties of Italian Cantuccini biscuits. *Foods*, 11(3), 299.  
<https://doi.org/10.3390/foods11030299>
- González García, R., & Guamán Claros, C. F. (2023). Efecto cardiosaludable del Aceite de Oliva Virgen Extra: *revisión bibliográfica*. *Enfermería Cuidándote*, 6, 71–84.  
<https://doi.org/10.51326/ec.6.4987133>
- Gorzynik-Debicka, M., Przychodzen, P., Cappello, F., Kuban-Jankowska, A., Marino Gammazza, A., Knap, N., Wozniak, M., & Gorska-Ponikowska, M. (2018). Potential health benefits of olive oil and plant polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 686.  
<https://doi.org/10.3390/ijms19030686>
- Granados Conde, C., Gutiérrez Quintana, J., & Castro Pomares, K. (2021). Elaboración de alimento funcional tipo galletas a base de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 40(1), 49–53.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4661965>
- Granato, D., de Araújo Calado, V. M., & Jarvis, B. (2014). Observations on the use of statistical methods in Food Science and Technology. *Food Research International*, 55, 137–149.

- Guillén, N., Acín, S., Navarro, M. Á., Surra, J. C., Arnal, C., Lou-Bonafonte, J. M., Muniesa, P., Martínez-Gracia, M. V., & Osada, J. (2009). Conocimiento de la acción biológica del aceite de oliva virgen extra mediante el uso del ratón carente de la apolipoproteína E. *Revista Española de Cardiología*, 62(3), 294–304.  
<https://osada.unizar.es/public/RECard2009Spanish.pdf>
- Hidalgo Yamashiro, V. C., & Pérez Mejía, F. P. (2018). *Galletas fortificadas con harina de maca (Lepidium meyenii) y kiwicha (Amaranthus caudatus) y evaluación de características fisicoquímica sensoriales* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional UNS.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14278/3171>
- Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2016). *Panadería, pastelería y galletería. Requisitos (NTP 206.001, 2.ª ed.)*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2025). *Aceites y grasas comestibles. Aceite de oliva. Requisitos (NTP 209.013, 3.ª ed.)*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Salud. (2023). *Tablas peruanas de composición de alimentos (M. M. Reyes García, V. I. Gómez Sánchez, C. M. Espinoza Barrientos, Eds.)*. Lima, Perú: Ministerio de Salud.
- Jimoh, M. O., Afolayan, A. J., & Lewu, F. B. (2020). Nutrients and antinutrient constituents of *Amaranthus caudatus* L. cultivated on different soils. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3570–3580.  
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.07.029>
- Jiménez, M. E., & Sammán, N. (2014). Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 64(2), 131–138.

- Le, H. P., Hong, D. T. N., Nguyen, T. T. L., Le, T. M. H., Koseki, S., Ho, T. B., & Ly-Nguyen, B. (2022). Thermal stability of fructooligosaccharides extracted from defatted rice bran: A kinetic study using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Foods*, 11(14), Artículo 2054.
- Leone, R. D., Colman, T. A., Schnitzler, E., Ellendersen, L. N., & Masson, M. L. (2014). Evolved gas analysis (coupled TG–DSC–FTIR) applied to the thermal behavior of inulin. *Journal of analytical and applied Pyrolysis*, 323–326.
- Li, X., Bremer, G. C., Connell, K. N., Ngai, C., Pham, Q. A. T., Wang, S., Flynn, M., Ravetti, L., Guillaume, C., Wang, Y., & Wang, S. C. (2016). Changes in chemical compositions of olive oil under different heating temperatures similar to home cooking. *Journal of Food Chemistry and Nutrition*, 4(1), Artículo 1532.  
<https://esciencepress.net/journals/index.php/JFCN/article/view/1532>
- Man, S., Păucean, A., Muste, S., Chiș, M.-S., Pop, A., & Călian, I.-D. (2017). Assessment of amaranth flour utilization in cookies production and quality. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 23(2), 97–103.
- Martinez-Lopez, A., Millan-Linares, M. C., Rodriguez-Martin, N. M., Millan, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*, 64, Artículo 103735.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>
- Martirosyan, D. M., & Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: What makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*, 5(6), 209–223.  
<https://ffhdj.com/index.php/ffhd/article/view/183/388>

- Minchola-Castañeda, K., Luzuriaga-Tirado, E., Montalvo-Rodríguez, A., Moncada-Carrera, J., Morales-Ibañez, F., & Gil-Reyes, W. (2022). Propiedades beneficiosas del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la salud. *MasVITA Revista de Ciencias de la Salud*.  
<https://doi.org/10.47606/ACVEN/MV0135>
- MINSA- RM N° 1020-2010. (2011). *Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería*. Lima - Perú: Dirección General de Salud Ambiental.
- Montaña, Y., Ríos, A., & Sandoval, M. (2021). Composición fenólica y actividad antioxidante del Aceite de oliva extra virgen peruano. *Ciencia e Investigación Agraria*, 48(2), 167–176.
- Niki, E. (2014). Role of vitamin E as a lipid-soluble peroxy radical scavenger: in vitro and in vivo evidence. *Free Radical Biology and Medicine*, 66, 3–12.  
<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.03.022>
- Niu, S., Zhou, Y., Yu, H., Lu, C., & Han, K. (2017). Investigation on thermal degradation properties of oleic acid and its methyl and ethyl esters through TG-FTIR. *Energy Conversion and Management*, 149, 495–504.  
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.07.053>
- Paula, H. A. de A., Abranches, M. V., & Ferreira, C. L. de L. F. (2013). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A food with multiple functions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.645259>
- Peyrot des Gachons, C., O'Keefe, A. J., Slade, L., & Beauchamp, G. K. (2021). Protein suppresses both bitterness and oleocanthal-elicited pungency of extra virgin olive oil. *Scientific Reports*, 11, Artículo 11851.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-91046-0>

- Psomiadou, E., & Tsimidou, M. (2002). Stability of virgin olive oil. 1. Autoxidation studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 716–721. <https://doi.org/10.1021/jf0108462>
- Silva, I. F. d., Bragante, W. R., Moretti Junior, R. C., Laurindo, L. F., Guiguer, E. L., Araújo, A. C., Fiorini, A. M. R., Nicolau, C. C. T., Oshiiwa, M., Lima, E. P. d., Barbalho, S. M., & Silva, L. R. (2024). Effects of *Smallanthus sonchifolius* flour on metabolic parameters: A systematic review. *Pharmaceuticals*, 17, 658. <https://doi.org/10.3390/ph17050658>
- Simanca-Sotelo, M., De Paula, C., Domínguez-Anaya, Y., Pastrana-Puche, Y., & Álvarez-Badel, B. (2021). Physico-chemical and sensory characterization of sweet biscuits made with Yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*). *NFS Journal*, 22, 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.12.001>
- Sindhu, R., & Khatkar, B. S. (2018). Thermal, structural and textural properties of amaranth and buckwheat starches. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 385–394. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3474-6>
- Stat-Ease, Inc. (2025). *Design-Expert V 23.1*. New York: Stat Ease, Inc.
- Toimbayeva, D., Saduakhasova, S., Kamanova, S., Kiykbay, A., Tazhina, S., Temirova, I., Muratkhan, M., Shaimenova, B., Murat, L., Khamitova, D., & Ospankulova, G. (2025). Prospects for the use of amaranth grain in the production of functional and specialized food products. *Foods*, 14(9), Artículo 1603. <https://doi.org/10.3390/foods14091603>

- Torricella-Morales, R. G., Pulido-Álvarez, H., & Zamora-Utset, E. (2020). *Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria*. Editorial Universitaria. <https://books.google.es/books?id=jeDzDwAAQBAJ>
- Vidal Carou, M. C. (2008, febrero). Alimentos funcionales. Algunas reflexiones en torno a su necesidad, seguridad y eficacia y a cómo declarar sus efectos sobre la salud. *Humanitas: Humanidades Médicas*. Tema del mes on-line, (24), 1-34. [https://fundacionletamendi.com/revista\\_humanitas\\_pdf/TM24.pdf](https://fundacionletamendi.com/revista_humanitas_pdf/TM24.pdf)
- Yupanqui Calle, Y. J. (2023). *Predicción de vida útil de harina de kiwicha (Amaranthus caudatus) a partir de isoterma de adsorción de agua para diferentes modelos matemáticos* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/b4242530-759d-4a6d-a353-c32b05bdacb7>
- Zupo, R., Castellana, F., Crupi, P., Desantis, A., Rondanelli, M., Corbo, F., & Clodoveo, M. L. (2023). Olive oil polyphenols improve HDL cholesterol and promote maintenance of lipid metabolism: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Metabolites*, 13(12), Artículo 1187. <https://doi.org/10.3390/metabo13121187>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Matriz de consistencia del trabajo de investigación (Figura A1)

| Matriz de consistencia: Optimización de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> ) y harina de yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                              |                                                                                                         |                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Problema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Objetivos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Hipótesis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Variables                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Población y muestra                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Diseño                                                                                                       | Técnicas e instrumentos                                                                                 | Estadígrafo                  |
| <p><b>General</b></p> <p>¿Cuál es la proporción óptima de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional?</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>1. ¿Cuáles son las proporciones óptimas de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) que permiten obtener la formulación óptima de una galleta funcional?</p> <p>2. ¿Cómo influye la interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) en las características físico-químicas de la galleta funcional?</p> <p>3. ¿Cómo influye la interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) en las características sensoriales de la galleta funcional?</p> | <p><b>General</b></p> <p>Optimizar la proporción de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>1. Determinar las proporciones óptimas de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) que permiten obtener la formulación óptima de una galleta funcional.</p> <p>2. Determinar la influencia de la interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) en las características físico-químicas de la galleta funcional.</p> <p>3. Determinar la influencia de la interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) en las características sensoriales de la galleta funcional.</p> | <p><b>General</b></p> <p>H: La proporción óptima de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) permite obtener la formulación óptima de una galleta funcional con características físico-químicas y sensoriales adecuadas.</p> <p><b>Específicas</b></p> <p>1. Las proporciones óptimas de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) permiten obtener la formulación óptima de una galleta funcional.</p> <p>2. La interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) influye significativamente en las características físico-químicas de la galleta funcional.</p> <p>3. La interacción entre los componentes de la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) y harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) influye significativamente en las características sensoriales de la galleta funcional.</p> | <p><b>Independiente</b></p> <p>X1: Porcentaje de aceite de oliva extra virgen (rango: 10–30 %) *</p> <p>X2: Porcentaje de harina de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>) (rango: 20–40 %) **</p> <p>X3: Porcentaje de harina de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) (rango: 10–30 %) ***</p> <p><b>Dependiente</b></p> <p>Y1: Características físico-químicas. (Evaluadas en todas las formulaciones experimentales)</p> <p><b>Indicadores</b><br/>pH, Humedad, Cenizas, Fibra cruda, Proteínas, Lípidos, Carbohidratos, Acidez total o titulable, Densidad aparente y Densidad absoluta.</p> <p>Y2: Características Sensorial (Evaluadas en todas las formulaciones experimentales mediante panel semientrenado)</p> <p><b>Indicadores</b><br/>Olor, sabor, color y textura.</p> <p><b>Nota: la sumatoria de *, ** y *** suman el 60% de la formulación, y el 40% restante es constante.</b></p> | <p><b>Población</b><br/>Combinaciones de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón en la mezcla a optimizar.</p> <p><b>Muestra</b><br/>16 tratamientos de muestras preliminares. Cada tratamiento constará de 500g que corresponden a 100 unidades de galletas de 5g aprox. cada una.</p> | <p>Metodología de superficie de respuesta.</p> <p>Diseño Experimental de Mezclas. Tipo I-Optimal Custom.</p> | <p>Métodos de análisis físico-químicas y sensoriales.</p> <p>software utilizado (Design-Expert v13)</p> | <p>Análisis de varianza.</p> |

## Anexo 2

### Operacionalización de variables (Figura A2)

| Operacionalización de variables |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                         |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variable                        |                                                                                                                                  | Definición conceptual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Definición operacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Dimensiones                                             | Indicadores                                                                                                                                                | Unidad de medida                                                                                                                              | Escala     | Valor final                                                                                                                                                                                                                      |
| INDEPENDIENTE                   | Proporciones de la mezcla<br><br><b>Nota: las tres variables suman el 60% de la formulación, y el 40% restante es constante.</b> | Hace referencia a las proporciones de cada componente dentro de la mezcla (aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha y harina de yacón), las cuales se manipulan sistemáticamente con el fin de obtener un producto con características físico-químicas y sensoriales adecuadas, mediante la aplicación de un diseño experimental de mezclas. | Se lleva a cabo mediante la variación sistemática de las proporciones de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> ) y harina de yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ), aplicando un diseño experimental de mezclas tipo I-Optimal con modelamiento con superficie de respuesta en el software Design Expert V.13. | X1: Aceite de oliva extra virgen                        | Proporción y peso del aceite en la mezcla                                                                                                                  | % p/p                                                                                                                                         | Proporción | Rango: 10% ≤ aceite oliva ≤ 30%                                                                                                                                                                                                  |
|                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | X2: Harina de kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> )    | Proporción y peso de la harina de kiwicha en la mezcla                                                                                                     | % p/p                                                                                                                                         | Proporción | Rango: 20% ≤ kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> ) ≤ 40%                                                                                                                                                                        |
|                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | X3: Harina de yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) | Proporción y peso de la harina de yacón en la mezcla                                                                                                       | % p/p                                                                                                                                         | Proporción | Rango: 10% ≤ yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) ≤ 30%                                                                                                                                                                     |
| DEPENDIENTE                     | Características físico-químicas y sensoriales de la galleta.                                                                     | Conjunto de propiedades físicas, químicas y sensoriales que determinan la calidad del producto final y que resultan de la variación en las proporciones de los componentes de la mezcla.                                                                                                                                                            | Se evaluarán las características físico-químicas mediante métodos oficiales de análisis (según metodologías estandarizadas) y las características sensoriales mediante prueba hedónica estructurada de 9 puntos aplicada a panel semientrenado.                                                                                                           | Y1 Características físico-químicas.                     | Lípidos<br>Proteínas<br>Carbohidratos<br>Índice peróxidos.<br>Acidez total.<br>Humedad<br>Cenizas<br>Densidad aparente<br>Densidad absoluta<br>Fibra<br>pH | g/100g<br>g/100g<br>g/100g<br>meq O <sub>2</sub> /kg grasa<br>% de ácido oleico<br>g/100g<br>g/100g<br>g/mL<br>g/mL<br>g/100g<br>unidad de pH | Continua   | Límites máximos y mínimos indicados por las normas técnicas.                                                                                                                                                                     |
|                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Y2 Características sensoriales                          | Olor<br>Color<br>Sabor<br>Textura                                                                                                                          | Puntaje en ficha Hedónica estructurada de 9 puntos                                                                                            | Ordinal    | Me disgusta extremadamente<br>Me disgusta mucho<br>Me disgusta moderadamente<br>Me disgusta levemente<br>No me gusta ni me disgusta<br>Me gusta levemente<br>Me gusta moderadamente<br>Me gusta mucho<br>Me gusta extremadamente |

### Anexo 3

Diseño de mezcla para optimización de la galleta (Figura A3)

Mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional.

| Run | Component 1<br>A:A. Oliva | Component 2<br>B:H. Kiwicha | Component 3<br>C:H. Yacón | Response 1<br>R1<br>Textura | Response 2<br>R2<br>Olor | Response 3<br>R3<br>Color | Response 4<br>R4<br>Sabor |
|-----|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1   | 0,248                     | 0,200                       | 0,152                     | 4,129                       | 5,742                    | 4,452                     | 4,194                     |
| 2   | 0,132                     | 0,334                       | 0,134                     | 3,323                       | 5,000                    | 4,258                     | 3,065                     |
| 3   | 0,100                     | 0,301                       | 0,199                     | 4,548                       | 5,194                    | 4,516                     | 4,839                     |
| 4   | 0,100                     | 0,200                       | 0,300                     | 3,613                       | 5,742                    | 6,323                     | 4,774                     |
| 5   | 0,198                     | 0,202                       | 0,200                     | 4,258                       | 4,710                    | 4,000                     | 4,548                     |
| 6   | 0,167                     | 0,268                       | 0,165                     | 6,452                       | 6,065                    | 6,419                     | 5,677                     |
| 7   | 0,200                     | 0,300                       | 0,100                     | 5,161                       | 5,581                    | 5,774                     | 4,323                     |
| 8   | 0,300                     | 0,200                       | 0,100                     | 6,742                       | 5,581                    | 5,032                     | 7,452                     |
| 9   | 0,198                     | 0,202                       | 0,200                     | 6,161                       | 5,548                    | 5,935                     | 5,387                     |
| 10  | 0,100                     | 0,301                       | 0,199                     | 3,323                       | 5,387                    | 5,000                     | 4,621                     |
| 11  | 0,200                     | 0,300                       | 0,100                     | 5,710                       | 6,000                    | 6,516                     | 4,935                     |
| 12  | 0,250                     | 0,250                       | 0,100                     | 6,419                       | 5,387                    | 5,839                     | 5,548                     |
| 13  | 0,130                     | 0,235                       | 0,235                     | 3,387                       | 5,290                    | 4,613                     | 4,935                     |
| 14  | 0,100                     | 0,301                       | 0,199                     | 5,581                       | 5,419                    | 5,774                     | 5,194                     |
| 15  | 0,100                     | 0,400                       | 0,100                     | 6,161                       | 5,871                    | 6,323                     | 4,933                     |
| 16  | 0,100                     | 0,200                       | 0,300                     | 4,065                       | 5,645                    | 5,613                     | 5,935                     |

Nota: Stat-Ease- Design Expert V.13

## Anexo 4

### Ficha de prueba hedónica de escala estructurada (Figura A4)

#### FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

##### PROYECTO DE INVESTIGACION

"OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA DE ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN, HARINA DE KIWIHA (*Amaranthus caudatus*) Y HARINA DE YACÓN (*Smilax sp.*) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FUNCIONAL".

##### INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan 16 muestras de Galletas preparadas con una mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwiha y harina de yacón para la elaboración de una galleta funcional. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas seleccionándolas al azar, anote el código correspondiente.

Indique el grado en que le gusta o disgusta cada atributo (olor, color, sabor, textura) de cada muestra de acuerdo a la tabla de categoría/puntaje. Escribiendo el número correspondiente en la fila del código de la muestra.

| Categoría                  | Puntos | Categoría               | Puntos |
|----------------------------|--------|-------------------------|--------|
| Me disgusta extremadamente | 1      | Me gusta levemente      | 6      |
| Me disgusta mucho          | 2      | Me gusta moderadamente  | 7      |
| Me disgusta moderadamente  | 3      | Me gusta mucho          | 8      |
| Me disgusta levemente      | 4      | Me gusta extremadamente | 9      |
| No me gusta ni me disgusta | 5      |                         |        |

##### TABLA DE CALIFICACION

| CODIGO DE MUESTRA | CALIFICACION PARA CADA ATRIBUTO |      |       |         |               |
|-------------------|---------------------------------|------|-------|---------|---------------|
|                   | COLOR                           | OLOR | SABOR | TEXTURA | Observaciones |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: / /

DNI: \_\_\_\_\_

#### FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

##### PROYECTO DE INVESTIGACION

"OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA DE ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN, HARINA DE KIWIHA (*Amaranthus caudatus*) Y HARINA DE YACÓN (*Smilax sp.*) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FUNCIONAL".

##### INSTRUCCIONES

Frente a usted se presenta 1 muestra de Galleta preparada optimizada con una mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwiha y harina de yacón para la elaboración de una galleta funcional. Por favor, observe y pruebe sin tragar, anote el código correspondiente.

Indique el grado en que le gusta o disgusta cada atributo (olor, color, sabor, textura) de la muestra optimizada, de acuerdo a la tabla de categoría/puntaje. Escribiendo el número correspondiente en la fila del código de la muestra.

| Categoría                  | Puntos | Categoría               | Puntos |
|----------------------------|--------|-------------------------|--------|
| Me disgusta extremadamente | 1      | Me gusta levemente      | 6      |
| Me disgusta mucho          | 2      | Me gusta moderadamente  | 7      |
| Me disgusta moderadamente  | 3      | Me gusta mucho          | 8      |
| Me disgusta levemente      | 4      | Me gusta extremadamente | 9      |
| No me gusta ni me disgusta | 5      |                         |        |

##### TABLA DE CALIFICACION

| CODIGO DE MUESTRA | CALIFICACION PARA CADA ATRIBUTO |      |       |         |               |
|-------------------|---------------------------------|------|-------|---------|---------------|
|                   | COLOR                           | OLOR | SABOR | TEXTURA | Observaciones |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |
|                   |                                 |      |       |         |               |

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: / /

DNI: \_\_\_\_\_

## Anexo 5

*Análisis estadístico de la aceptabilidad sensorial de la galleta funcional elaborada con la mezcla de aceite de oliva extra virgen, harina de kiwicha (Amaranthus caudatus) y harina de yacón (Smallanthus sonchifolius) para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional (Figura A5)*

### 5a) Textura sensorial

| Fuente                        | Suma de cuadrados | Grados libertad | Cuadrado medio | F-value | p-value |                 |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|---------|---------|-----------------|
| <b>Modelo</b>                 | 9,48              | 6               | 1,58           | 1,04    | 0,4610  | not significant |
| <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 8,74              | 2               | 4,37           | 2,87    | 0,1089  |                 |
| AB                            | 0,4179            | 1               | 0,4179         | 0,2742  | 0,6132  |                 |
| AC                            | 0,3673            | 1               | 0,3673         | 0,2410  | 0,6352  |                 |
| BC                            | 0,3458            | 1               | 0,3458         | 0,2269  | 0,6452  |                 |
| ABC                           | 0,2686            | 1               | 0,2686         | 0,1763  | 0,6845  |                 |
| <b>Residual</b>               | 13,72             | 9               | 1,52           |         |         |                 |
| Lack of Fit                   | 9,10              | 4               | 2,27           | 2,46    | 0,1749  | not significant |
| Pure Error                    | 4,62              | 5               | 0,9238         |         |         |                 |
| <b>Cor Total</b>              | 23,20             | 15              |                |         |         |                 |

Std. Dev. 1,23 R<sup>2</sup> 0,4088  
Mean 4,94 Adjusted R<sup>2</sup> 0,0146  
C.V. % 24,99 Predicted R<sup>2</sup> -2,8662  
Adeq Precision 3,3772

### 5b) Olor

| Fuente                        | Suma de cuadrados | Grados libertad | Cuadrado medio | F-value | p-value | Fuente          |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|---------|---------|-----------------|
| <b>Modelo</b>                 | 1,03              | 8               | 0,1293         | 1,04    | 0,4843  | not significant |
| <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 0,0438            | 2               | 0,0219         | 0,1766  | 0,8417  |                 |
| AB                            | 0,0077            | 1               | 0,0077         | 0,0624  | 0,8100  |                 |
| AC                            | 0,2839            | 1               | 0,2839         | 2,29    | 0,1740  |                 |
| BC                            | 0,2835            | 1               | 0,2835         | 2,29    | 0,1743  |                 |
| A <sup>2</sup> BC             | 0,5210            | 1               | 0,5210         | 4,20    | 0,0796  |                 |
| AB <sup>2</sup> C             | 0,3363            | 1               | 0,3363         | 2,71    | 0,1436  |                 |
| ABC <sup>2</sup>              | 0,0140            | 1               | 0,0140         | 0,1128  | 0,7469  |                 |
| <b>Residual</b>               | 0,8679            | 7               | 0,1240         |         |         |                 |
| Lack of Fit                   | 0,3938            | 2               | 0,1969         | 2,08    | 0,2206  | not significant |
| Pure Error                    | 0,4742            | 5               | 0,0948         |         |         |                 |
| <b>Cor Total</b>              | 1,90              | 15              |                |         |         |                 |

Std. Dev. 0,3521 R<sup>2</sup> 0,5438  
Mean 5,51 Adjusted R<sup>2</sup> 0,0225  
C.V. % 6,39 Predicted R<sup>2</sup> -3812,6728  
Adeq Precision 3,6480

## 5c) Color

| Fuente                        | Suma de cuadrados | Grados libertad | Cuadrado medio | F-value | p-value | Fuente          |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|---------|---------|-----------------|
| <b>Modelo</b>                 | 7,42              | 8               | 0,9277         | 2,01    | 0,1865  | not significant |
| <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 0,4152            | 2               | 0,2076         | 0,4499  | 0,6549  |                 |
| AB                            | 0,2805            | 1               | 0,2805         | 0,6079  | 0,4611  |                 |
| AC                            | 1,04              | 1               | 1,04           | 2,25    | 0,1774  |                 |
| BC                            | 1,55              | 1               | 1,55           | 3,36    | 0,1093  |                 |
| A <sup>2</sup> BC             | 3,41              | 1               | 3,41           | 7,40    | 0,0298  |                 |
| AB <sup>2</sup> C             | 2,48              | 1               | 2,48           | 5,37    | 0,0536  |                 |
| ABC <sup>2</sup>              | 0,3752            | 1               | 0,3752         | 0,8132  | 0,3971  |                 |
| <b>Residual</b>               | 3,23              | 7               | 0,4614         |         |         |                 |
| Lack of Fit                   | 0,0243            | 2               | 0,0122         | 0,0190  | 0,9813  | not significant |
| Pure Error                    | 3,21              | 5               | 0,6411         |         |         |                 |
| <b>Cor Total</b>              | 10,65             | 15              |                |         |         |                 |

|                  |        |                                |          |
|------------------|--------|--------------------------------|----------|
| <b>Std. Dev.</b> | 0,6793 | <b>R<sup>2</sup></b>           | 0,6968   |
| <b>Mean</b>      | 5,40   | <b>Adjusted R<sup>2</sup></b>  | 0,3502   |
| <b>C.V. %</b>    | 12,58  | <b>Predicted R<sup>2</sup></b> | -27,3455 |
|                  |        | <b>Adeq Precision</b>          | 4,2823   |

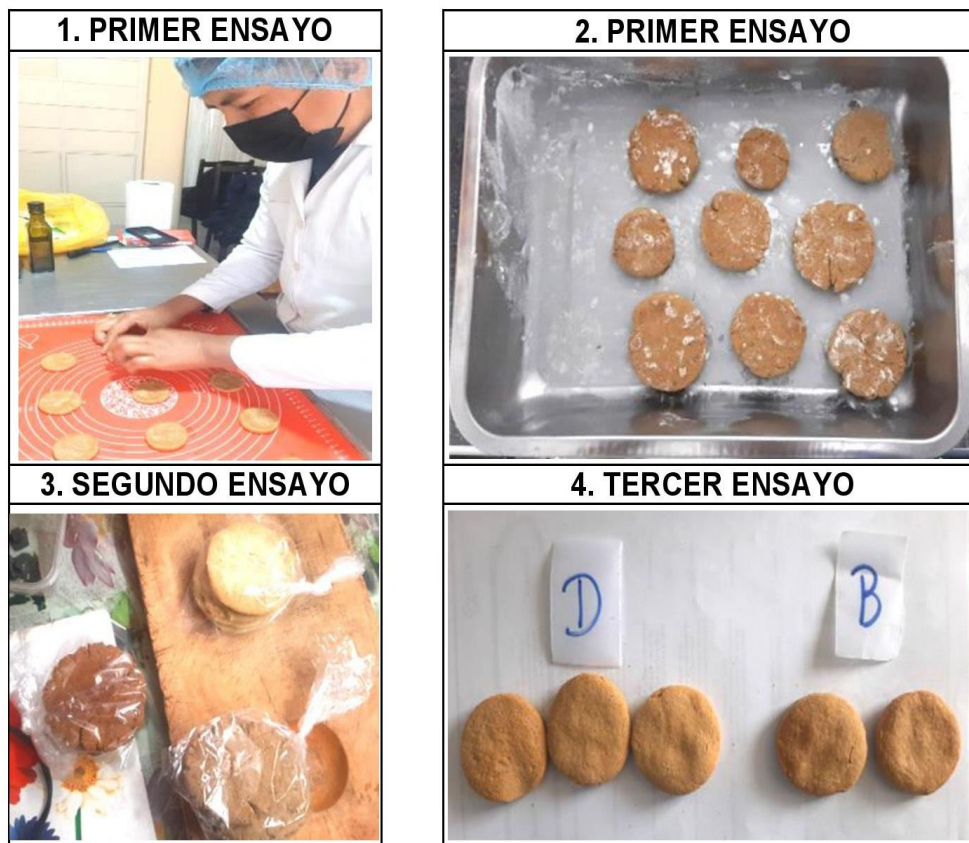
## 5d) Sabor

| Fuente                        | Suma de cuadrados | Grados libertad | Cuadrado medio | F-value | p-value | Fuente          |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|---------|---------|-----------------|
| <b>Modelo</b>                 | 10,50             | 8               | 1,31           | 3,51    | 0,0576  | not significant |
| <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 2,59              | 2               | 1,30           | 3,47    | 0,0899  |                 |
| AB                            | 2,11              | 1               | 2,11           | 5,64    | 0,0493  |                 |
| AC                            | 4,87              | 1               | 4,87           | 13,02   | 0,0086  |                 |
| BC                            | 0,1204            | 1               | 0,1204         | 0,3221  | 0,5881  |                 |
| A <sup>2</sup> BC             | 2,52              | 1               | 2,52           | 6,73    | 0,0357  |                 |
| AB <sup>2</sup> C             | 2,84              | 1               | 2,84           | 7,59    | 0,0283  |                 |
| ABC <sup>2</sup>              | 0,0329            | 1               | 0,0329         | 0,0880  | 0,7754  |                 |
| <b>Residual</b>               | 2,62              | 7               | 0,3738         |         |         |                 |
| Lack of Fit                   | 1,24              | 2               | 0,6179         | 2,24    | 0,2023  | not significant |
| Pure Error                    | 1,38              | 5               | 0,2762         |         |         |                 |
| <b>Cor Total</b>              | 13,12             | 15              |                |         |         |                 |

|                  |        |                                |            |
|------------------|--------|--------------------------------|------------|
| <b>Std. Dev.</b> | 0,6114 | <b>R<sup>2</sup></b>           | 0,8005     |
| <b>Mean</b>      | 5,02   | <b>Adjusted R<sup>2</sup></b>  | 0,5725     |
| <b>C.V. %</b>    | 12,17  | <b>Predicted R<sup>2</sup></b> | -2097,2434 |
|                  |        | <b>Adeq Precision</b>          | 9,0766     |

## Anexo 6

Ensayo experimental artesanal (Figura A6)



## Anexo 7

Ensayos experimentales de las muestras preliminares a nivel de laboratorio (Figura A7)

### 1. INTEGRANTES DE LA INVESTIGACION - TESIS: ASESOR DE TESIS, CO - ASESOR DE TESIS Y TESISTA



### 2. RECEPCION Y FORMULACION



### 3. MEZCLA Y LAMINADO



### 4. MOLDEADO



### 5. HORNEADO Y REPOSO



### 6. ENVASADO Y ALMACENADO



## Anexo 8

Ensayos experimentales de muestra optimizada a nivel de laboratorio (Figura A8)

### 1. ELABORACION DE MUESTRA OPTIMIZADA DE GALLETA FUNCIONAL



### 2. HORNEADO DE GALLETA FUNCIONAL OPTIMIZADA



### 3. ENFRIADO DE GALLETA FUNCIONAL OPTIMIZADA



### 4. ENVASADO DE MUESTRA OPTIMIZADA, PARA ANALISIS DE LABORATORIO



## Anexo 9

Etiqueta y envoltura del prototipo de galleta funcional optimizado (producto optimizado)  
(Figura A9)

### ETIQUETA Y ENVOLTURA PROTOTIPO DE GALLETA FUNCIONAL - FRONTAL

- Libre de Gluten
- Libre de Lacteos
- Libre de Azúcar
- Bajo en Sodio
- Bajo en Colesterol
- Libre de Grasas Trans

**PROYECTO DE TESIS:**

"Optimización de la mezcla de aceite de Oliva extra virgen, harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*) y harina de Yacón (*smallanthus sonchifolius*) Para el mejoramiento de la formulación de una galleta funcional".

## GALLETA FUNCIONAL

Galleta de harina de Kiwicha, harina de yacón y aceite de oliva extra virgen.

**10 Unidades** **50g**  
APROX.

**VIVIR CON SALUD**

"Cuidemos el medio ambiente"

### ETIQUETA Y ENVOLTURA PROTOTIPO DE GALLETA FUNCIONAL - REVERSO

**PRODUCTO PERUANO**

*Muy nutritiva y Saludable*

*Práctica y lista para consumir*

**Ingredientes:**

Harina de kiwicha, harina de yacón, aceite de oliva extra virgen, canela en polvo, Polvo de hornear (SIN 500ii, SIN 341, SIN 1400), harina de nopal, edulcorante (Glicósidos de esteviol SIN 960), sal de mesa, huevo fresco y esencia de vainilla (SIN 1505).

Elaborado en el laboratorio de tecnología de la Panificación de la escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias - FCAG - UNJBG.

Financiado con fondos de canon sobre canon y regalías mineras.

**Super nutritivas y deliciosas !!**

Son aptas para diabéticos, celíacos, sin gluten, sin azúcar y son fuente de proteínas y grasas saludables. Dale un gusto a cualquier hora del día.

| Información Nutricional   |        |           |
|---------------------------|--------|-----------|
| Porción: 1 galleta (50 g) |        |           |
| Porciones por envase: 1   |        |           |
|                           | 100 g  | 1 porción |
| Energía (Kcal)            | 480,36 | 240,18    |
| Proteínas (g)             | 8,90   | 4,45      |
| Grasa Total (g)           | 26,21  | 13,11     |
| Saturadas (g)             | 4,36   | 2,18      |
| Monosaturadas (g)         | 18,69  | 9,35      |
| Polisaturadas (g)         | 3,15   | 1,58      |
| Ácidos Grasos trans (g)   | 0,00   | 0,00      |
| Colesterol (mg)           | 31,52  | 15,76     |
| Carbohidratos totales (g) | 52,21  | 26,11     |
| Fibra dietética (g)       | 12,66  | 6,33      |
| Sodio (mg)                | 236,04 | 118,02    |
| Azúcares añadidos (g)     | 0,00   | 0,00      |

Duración de vida útil: 6 meses

## Anexo 10

Ficha técnica de los ingredientes de la galleta (harina de yacón y aceite de oliva extra virgen)  
(Figura A10)

|  |                                                |                                                                          |
|--|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>TECHNICAL DATA SHEET</b><br>(Ficha Técnica) | Code :TDS-O-Y-03<br>Version : 02<br>Date : 12 July 2022<br>Page : 1 of 3 |
|--|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|

# ORGANIC RAW YACON POWDER

(Yacón en polvo orgánico)

## I. PRODUCT INFORMATION (Información del producto)

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PRODUCT NAME<br>(Nombre del producto)          | Organic raw yacon powder<br>(Yacón en polvo orgánico)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| SCIENTIFIC NAME<br>(Nombre científico)         | <i>Smallanthus sonchifolius</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| HS TARIFF CODE<br>(Partida arancelaria)        | 1106.20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| SANITARY REGISTRATION<br>*(Registro Sanitario) | N8001713N/KBEOSA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| COMPOSITION<br>(Composición)                   | 100% Organic yacon roots (100% raíz de yacón orgánico)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ORIGIN<br>(Origen)                             | Oxapampa, Perú (Oxapampa, Perú)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| PROCESS<br>(Proceso)                           | Reception, weighing, raw material storage, washing, peeled, disinfection I, sliced, immersion, drying, grinding, sieving, packing, verified (metal detector), finished product storage, dispatch. (Recepción, pesado, almacenado de materia prima, lavado, pelado, desinfección I, rodajeado, secado, molienda, tamizado, envasado, verificado (detector de metal), almacenado de producto terminado, despacho. |
| SHELF LIFE<br>(Tiempo de vida útil)            | 24 months in original package. (24 meses en empaque original)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| CERTIFICATIONS<br>(Certificaciones)            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

\*Issued by DIGESA, Ministry of Health of Peru. (Emitido por DIGESA, Ministerio de salud de Perú)

## II. ORGANOLEPTIC PROPERTIES (Propiedades organolépticas)

|                   |                                                              |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|
| COLOR (Color)     | Light beige. (beige claro)                                   |
| ODOR (Olor)       | Characteristic of the product. (Característico del producto) |
| TASTE (Sabor)     | Characteristic of the product. (Característico del producto) |
| TEXTURE (textura) | Characteristic of the product. (Característico del producto) |

Source: Own elaboration, Ecoandino)  
(Fuente: Elaboración Propia, Ecoandino)

|  |                                                |                                                                          |
|--|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>TECHNICAL DATA SHEET</b><br>(Ficha Técnica) | Code :TDS-O-Y-03<br>Version : 02<br>Date : 12 July 2022<br>Page : 1 of 3 |
|--|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|

### III. PHYSICAL- CHEMICAL SPECIFICATIONS (Especificaciones físico-químicas)

|                           |      |
|---------------------------|------|
| <b>MOISTURE (Humedad)</b> | ≤ 7% |
|---------------------------|------|

Source: Ecoandino sample, based on the Peruvian Technical Standard 011.182.2014 Toasted maca flour  
(Fuente: Elaboración Propia, Basado en la Norma Técnica Peruana 011.181.2014 Harina Tostado de Maca)

### IV. NUTRITION FACTS (Información nutricional)

| COMPONENTS (Componentes)                    | VALUE (Valor) | UNITS (Unidades) |
|---------------------------------------------|---------------|------------------|
| Calories (Calorías)                         | 365,9         | Kcal/ 100g       |
| Total fat (Grasas totales)                  | 0,58          | g/100g           |
| Sodium (Sodio)                              | 101,39        | mg/100g          |
| Total carbohydrates (Carbohidratos totales) | 86,98         | g/100g           |
| Dietary Fiber (Fibra dietaria)              | 10,54         | g/100g           |
| Total sugar (Azúcares totales)              | 47,12         | g/100g           |
| Protein (Proteínas)                         | 3,19          | g/100g           |
| Ash (Cenizas)                               | 3,66          | g/100g           |

Source: Ecoandino sample analyzed by Cerper S.A. Accredited Laboratory.  
(Fuente: Elaboración propia, analizado por Laboratorio acreditado Cerper S.A.)

### V. MICROBIOLOGIC ANALYSIS (Análisis microbiológico)

| ANALYSIS (Análisis)                          | LIMIT CFU/g *<br>(Límite (UFC/g)) |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| *Aerobics mesophilic (Aerobios mesófilos)    | 10 <sup>4</sup>                   |
| Total Mold (Mohos total)                     | 10 <sup>2</sup>                   |
| Total Yeast (Levadura total)                 | 10 <sup>2</sup>                   |
| E.Coli determination (Determinación E. Coli) | 10                                |
| Salmonella Sp. (Salmonella Sp.)              | Absence/25g (Ausencia/25g)        |

Source: \*Ministerial Resolution 591-2008, Microbiological Quality and Safety Criteria for Food and Beverages for Human Consumption – ITEM XIV.3

\*Customer requirement

Fuente: Resolución Ministerial 591-2008, Criterios Microbiológicos de calidad e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano – ITEM XIV.3)

\*Requisito al cliente

### VI. PACKAGING (Envase)

|                      |                                                      |
|----------------------|------------------------------------------------------|
| <b>BULK (Granel)</b> | 1 kg polyethylene bag (Bolsa de polietileno de 1 kg) |
|----------------------|------------------------------------------------------|

|  |                                                       |                                                                           |
|--|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>TECHNICAL DATA SHEET</b><br><i>(Ficha Técnica)</i> | Code : TDS-O-Y-03<br>Version : 02<br>Date : 12 July 2022<br>Page : 1 of 3 |
|--|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|

#### VII. ADDITIONAL INFORMATION *(Información Adicional)*

- Gluten free product. *(Producto libre de gluten).*
- GMO free product. *(Producto libre de organismos genéticamente modificados).*
- Additive free product. *(Producto libre de aditivos).*
- Non-irradiated product. *(Producto no irradiado).*

#### VIII. STORAGE RECOMMENDATIONS *(Recomendaciones de almacenaje)*

- Store in fresh and dry places. *(Almacenar en lugares frescos y secos).*
- Keep away from direct sunlight. *(Evitar exposición directa al sol).*
- Keep it in the original pack closed once opened. *(Una vez abierto, conservar en el empaque original cerrado).*
- Keep in room temperature of 15 - 25 ° C and relative humidity 50 a 70% *(Conservar a temperatura ambiente de 15 - 25 °C y humedad relativa de 50 a 70%).*

#### IX. TARGET AUDIENCE *(Público dirigido)*

- Suitable for the general public (children over 5 years old) *(Apto para público en general (Niños mayores a 5 años))*

#### X. SUGGESTED USES *(Aplicaciones)*

- Consumption with juices, dairy products and smoothies; chocolate bars, to encapsulate, in confectionary. *(Consumo directo con agua, jugos, productos lácteos y batidos; barras de chocolate, para encapsula, en repostería).*
- Energy drinks, Infusions, Tablets and pills, Pastries, Smoothies, Energy bars, Juices) *(Bebidas energéticas, infusiones, tabletas y pastillas, repostería, batidos, barritas energéticas, jugos).*

#### XI. LABELING CONTENT *(Contenido del rotulado)*

- Product name *(Nombre del producto)*
- Name, address and business name *(Nombre, dirección y razón social)*
- Sanitary registration number: *(Número de registro sanitario)*
- Processing date *(Fecha de Proceso)*
- Best before date: *(Fecha de vencimiento)*
- Lot *(Lote)*
- Conditions of conservation *(Condiciones de conservación)*

## CERTIFICATE OF ANALYSIS N° 094-2023

(Certificado de análisis)

Product (Producto) : **ORGANIC RAW YACON POWDER**  
(Yacón en polvo Orgánico)  
Scientific name (Nombre científico) : **Smallanthus sonchifolius.**  
Lot N° ( N° de lote) : **Y03O-230301**  
Date Production (Fecha de producción) : **March 09, 2023**  
Due date (Fecha de vencimiento) : **March 09, 2025**  
Source country (País de origen) : **Peru (Perú)**

### ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS (Características organolépticas)

Color (Color) : **Light beige (Beige Claro)**  
Odor (Olor) : **Characteristic of the product (Característico del producto)**  
Taste (Sabor) : **Characteristic of the product (Característico del producto)**  
Texture (Textura) : **Characteristic of the product (Característico del producto)**

### PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS (Características físico-químicas)

Humidity (Humedad) : **3.35%**

### MICROBIOLOGIC ANALYSIS (Análisis microbiológicos)

| TEST (Prueba)                                               | RESULTED (Resultado)     | METHOD (Método)         |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>Aerobics Mesophilic (UFC/g)*</b><br>(Aerobios mesófilos) | <b>9000</b>              | <b>AOAC 990.12 (3M)</b> |
| <b>Total Yeast (UFC/g)</b><br>(Levaduras totales)           | <b>&lt; 10 estimated</b> | <b>AOAC 997.02 (3M)</b> |
| <b>Total Mold (UFC/g)</b><br>(Hongos totales)               | <b>&lt; 10 estimated</b> | <b>AOAC 997.02 (3M)</b> |
| <b>E.coli / 10 g</b><br>(E. Coli)                           | <b>&lt; 10 estimated</b> | <b>AOAC 991.14 (3M)</b> |

\*based on the history of the company-Ecoandino (Basado en el historial de la empresa Ecoandino)

### STORAGE (Almacenamiento)

Keep it in dry places (Guárdelo en lugares secos)

### CONCLUSION (Conclusión)

Approved (Aprobado)



**Elena Medina Hoyos**  
Quality Assurance  
**ECOANDINO S.A.C**

Oficina: Los Tapiceros 117 Urb.Lotización El Artesano.Ate-Vitarte, Lima-Perú

Teléfono planta: (51-64)507494 Teléfono Lima: (51-1) 282 3736

www.ecoandino.com info@ecoandino.com  /EcoandinoSuperfoods

**FICHA TECNICA ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN**  
**VARIEDAD FRANTOIO**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nombre del Producto:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN<br>"VARIEDAD FRANTOIO"                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Origen:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Agroindustrias LIMATERRA S.A.C.                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Descripción del producto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Es el producto obtenido a partir de frutos de aceitunas (Olea europea), las cuales se someten a un proceso de lavado, molienda, la pasta obtenida se somete a un proceso de centrifugación, donde se separa el mosto oleoso, luego por decantación se separa el aceite del mosto oleoso, el aceite así obtenido es filtrado y luego es almacenado, hasta el momento de su comercialización.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Características:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b><u>Código de muestra</u></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>AOEVFR-L268</b>                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b><u>N° de Registro Sanitario</u></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b><u>C0005119N/VAARLM</u></b>                                                                                                                                                                                                                             |
| <b><u>Fisicoquímicas</u></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Acidez exp. En ácido Oleico : 0.3%</li> </ul> <p><i>Nuestro aceite cumple con los requerimientos especificados por la NTP 209.013-1991 Aceites y Grasas comestibles, Aceite de Oliva, Numeral 4 Requisitos.</i></p> |
| <b><u>Sensoriales</u></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Color : Característico</li> <li>Olor : Afrutado intenso, Manzana verde, Nota de hojas</li> <li>Sabor : Lig:amargo<br/>Lig:picante</li> </ul>                                                                        |
| <b>Envases de Presentación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                            |

**R.U.C. 20603248288**  
Av. Ejercito N°920-Tacna  
Tel.: +51 52615800  
erikimg@limather.com  
[www.limaterra.com](http://www.limaterra.com)

**FICHA TECNICA ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN**  
**VARIEDAD FRANTOIO**

|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><u>Presentación envasado</u></b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Botellas de vidrio: 250 ml, 500 ml</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Conservación y almacenamiento</b>                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b><u>Condiciones de almacenamiento</u></b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No debe estar expuestos a los rayos solares directos, ni cerca a fuentes de calor.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b><u>Identificación de uso/ consumidor potencial</u></b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Producto de consumo directo sin ningún tratamiento previo.</li> <li>• Puede ser consumido por público en general</li> <li>• El aceite de oliva extra virgen variedad frantoio</li> <li>• es considerado casi un medicamento, donde se valoran especialmente aspectos como su contenido en polifenoles y otros antioxidantes naturales.</li> </ul> |
| <b><u>Instrucciones de uso</u></b>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El producto debe mantener su hermeticidad.</li> <li>• Mantener el producto alejado de fuentes de contaminación y vectores. (Insectos, roedores y otros animales).</li> <li>• Mantener los requisitos de conservación indicados y respetar la fecha de consumo preferente o fecha de vencimiento.</li> </ul>                                       |
| <b><u>Conservación</u></b>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• En las condiciones de almacenamiento antes mencionada 24 meses.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                        |

**R.U.C. 20603248288**  
 Av. Ejército N°920-Tacna  
 Tel.: +51 52615800  
 erikimg@limather.com  
[www.limaterra.com](http://www.limaterra.com)

## Anexo 11

Norma técnica peruana panadería, pastelería y galletería. Galletas. Requisitos (NTP 206.001, 2.<sup>a</sup> ed.), Instituto nacional de calidad – INACAL (2016) - (Figura A11)

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 206.001  
5 de 7

### 5.3 Galleta con o sin relleno.

NOTA: la clasificación es referencial podrá haber combinaciones de estas.

## 6 REQUISITOS

### 6.1 Condiciones generales

6.1.1 Las galletas se deben elaborar en condiciones sanitarias apropiadas, aplicando las buenas prácticas de manufactura (según legislación nacional vigente<sup>1</sup>).

6.1.2 La harina de trigo debe cumplir con la NTP 205.064, si se emplean harinas sucedáneas deberá cumplir con los establecido en la NTP 205.040 .

### 6.2 Requisitos fisicoquímicos

Los requisitos fisicoquímicos se detallan en la Tabla 1 .

TABLA 1- Requisitos fisicoquímicos

| Ensayo                                                             | Límite máximo | Método de ensayo*                                      |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| Humedad (g/100g)                                                   | 12 %          | NTP 206.011<br>AACC 44-15.02<br>AOAC 935.29<br>ISO 712 |
| (*) Se podrán utilizar otras metodologías normalizadas o validadas |               |                                                        |

<sup>1</sup> Marco legal vigente R.M. 1020-2010/MINSA Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería y su modificatoria RM 225-2016/MINSA.

© INACAL 2016 – Todos los derechos son reservados



NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 206.001  
6 de 7

### 6.3 Requisitos microbiológicos

Los requisitos microbiológicos se detallan en la Tabla 2.

**TABLA 2 – Requisitos microbiológicos**

| Agente microbiano                | Categoría | Clase | n | c | Límite por g       |        | Método de ensayo                                        |
|----------------------------------|-----------|-------|---|---|--------------------|--------|---------------------------------------------------------|
|                                  |           |       |   |   | m                  | M      |                                                         |
| Mohos                            | 2         | 3     | 5 | 2 | $10^2$             | $10^3$ | ISO 21527-2<br>AOAC 2014.05<br>FDA/BAM<br>AACC 42-50.01 |
| <i>Escherichia coli</i> (*)      | 6         | 3     | 5 | 1 | 3                  | 20     | BAM/FDA                                                 |
| <i>Staphylococcus Aureus</i> (*) | 8         | 3     | 5 | 1 | $10^2$             | $10^2$ | ISO 6888<br>BAM/FDA                                     |
| <i>Salmonella</i> sp.(*)         | 10        | 2     | 5 | 0 | Ausencia/<br>25 g. | -----  | ISO 6579<br>BAM/FDA                                     |
| <i>Bacillus cereus</i> (***)     | 8         | 3     | 5 | 1 | $10^2$             | $10^4$ | ISO 7932<br>BAN-FDA                                     |

(\*) Para productos con relleno.

(\*\*\*) Para aquellos elaborados con arroz, maíz y sus derivados.

NOTA: Se podrán utilizar otros métodos de ensayo normalizados o validados.

## 7 ROTULADO, ENVASE Y EMBALAJE

### 7.1 Rotulado

7.1.1 Los requisitos del rotulado serán los establecidos en las normas NTP 209.038, NMP 001 o CODEX STAN 1.

7.1.2 Otros datos establecidos por los dispositivos legales vigentes.

© INACAL 2016 – Todos los derechos son reservados