

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO**
Programa de Doctorado en Ingeniería de Alimentos



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**Optimización de Queque funcional tipo inglés, a base de
harinas de granos andinos germinados, con uso de
Hidrocoloide**

**Tesis para optar el grado de Doctor en
Ingeniería de Alimentos**

Autor:

Mg. Bustamante Oyague, Braulio
Código ORCID: 0000-0003-3700-8260

Asesora:

Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874
DNI. N° 19096335

Línea de investigación
Elaboración de productos alimentarios no tradicionales

Nuevo Chimbote - PERÚ
2025

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO

Yo, **Aguirre Vargas, Elza Berta**, mediante la presente doy constancia de mi asesoramiento de la tesis doctoral titulada: **Optimización de queque funcional tipo inglés, a base de harinas de granos andinos germinados, con uso de hidrocoloide**, que tiene como autor el Mg. **Bustamante Oyague, Braulio**, que ha sido elaborado de acuerdo al Reglamento de Normas y Procedimientos para obtener el grado de **Doctor en Ingeniería de Alimentos** en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, setiembre de 2024



Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta

Asesora

Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

DNI N°. 19096335

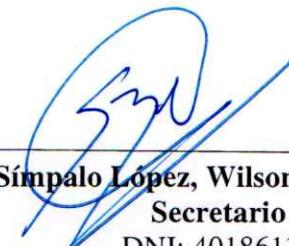
AVAL DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Tesis doctoral titulada: **Optimización de queque funcional tipo inglés, a base de harinas de granos andinos germinados, con uso de hidrocoloide**, que tiene como autor el Mg. Bustamante Oyague, Braulio.

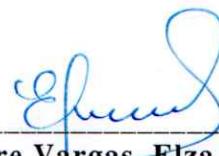
Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:



Dr. Castillo Martínez, Williams Esteward
Presidente
DNI: 40169364
Código ORCID: 0000-0001-6917-1009



Dr. Símpalo López, Wilson Daniel
Secretario
DNI: 40186130
Código ORCID 0000-0002-8397-7145



Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta
Vocal
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874
DNI N°. 19096335



ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los cinco días del mes de diciembre del año 2025, siendo las 11:30 horas, en el aula P-02 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 905-2025-EPG-UNS de fecha 11.11.2025, conformado por los docentes: Dr. Williams Esteward Castillo Martínez (Presidente), Dr. Wilson Daniel Símpalo López (Secretario), Dra. Elza Berta Aguirre Vargas (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis intitulada: "**OPTIMIZACIÓN DE QUEQUE FUNCIONAL TIPO INGLÉS, A BASE DE HARINAS DE GRANOS ANDINOS GERMINADOS, CON USO DE HIDROCOLOIDE**"; presentado por el tesista **Braulio Bustamante Oyague**, egresado del programa de Doctorado en Ingeniería de Alimentos.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 964-2025-EPG-UNS de fecha 01 de diciembre de 2025.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tésita, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Aprobado, asignándole la calificación de dieciocho.

Siendo las 12:30 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Presidente

Dr. Wilson Daniel Símpalo López
Secretario

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Vocal/Asesor



Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Elza Aguirre

Título del ejercicio: "OPTIMIZACIÓN DE QUEQUE FUNCIONAL TIPO INGLÉS, A BASE...

Título de la entrega: informe final tesis doctorado de ing alimentos BRAULIO BUST...

Nombre del archivo: informe_final_tesis_doctorado_de_ing_alimentos_BRAULIO_BU...

Tamaño del archivo: 6.01M

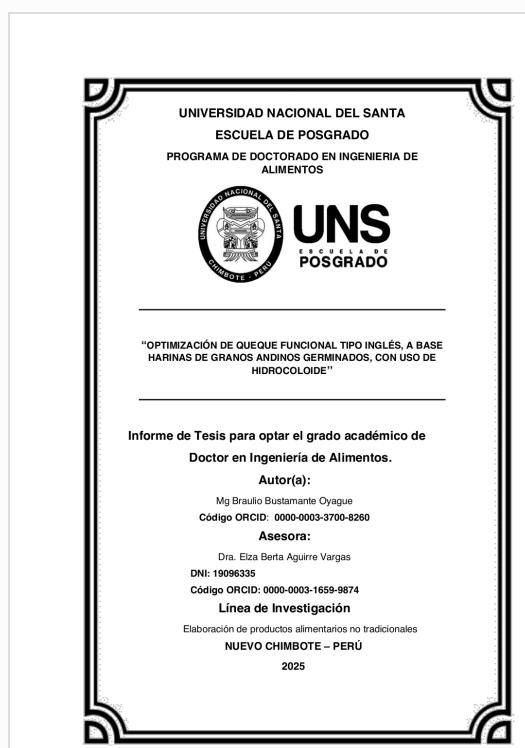
Total páginas: 92

Total de palabras: 16,163

Total de caracteres: 96,528

Fecha de entrega: 16-dic-2025 09:18a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2847581154



informe final tesis doctorado de ing alimentos BRAULIO BUSTAMANTE OYAGUE 2025 sustentado.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

- | | | |
|---|---|------|
| 1 | repository.unab.edu.pe | <1 % |
| 2 | repository.unprg.edu.pe | <1 % |
| 3 | hdl.handle.net | <1 % |
| 4 | repository.uns.edu.pe | <1 % |
| 5 | repository.upeu.edu.pe | <1 % |
| 6 | Submitted to Universidad Francisco de Vitoria | <1 % |
| 7 | repository.ug.edu.ec | <1 % |
| 8 | rraae.cedia.edu.ec | <1 % |
| | repositorio.unheval.edu.pe | |
- 1 repository.unab.edu.pe <1 %
2 repository.unprg.edu.pe <1 %
3 hdl.handle.net <1 %
4 repository.uns.edu.pe <1 %
5 repository.upeu.edu.pe <1 %
6 Submitted to Universidad Francisco de Vitoria <1 %
7 repository.ug.edu.ec <1 %
8 rraae.cedia.edu.ec <1 %
repositorio.unheval.edu.pe

DEDICATORIA

A mí familia por el apoyo incondicional que me han permitido poder continuar con mi perfeccionamiento profesional.

A mi hijo Guillermo para enseñarle que uno debe seguir adelante a pesar de las adversidades

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi Asesora la Dra. Elza Berta Aguirre Vargas por sus valiosos aportes en la realización del presente informe final de tesis que me permitió culminar con éxito esta meta trazada en mi vida profesional.

Al personal técnico por su apoyo brindado para la ejecución de los ensayos, y todos los docentes por su conocimiento brindado en mi formación doctoral.

A todos mis profesores del programa del doctorado de ingeniería de alimentos de la Universidad Nacional del Santa por compartir su conocimiento en mi formación profesional

INDICE

INDICE.....	1
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCION.....	9
1.1 Descripción del problema de Investigación.....	9
1.2 Formulación del problema de investigación	11
1.3 Objetivos de la investigación	11
1.4 Formulación de la hipótesis	11
1.5 Justificación e importancia de la investigación	12
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1.Antecedentes	13
2.2 Marco Conceptual	18
2.2.1. Granos Andinos	18
III. METODOLÓGÍA.....	27
3.1.Método de la Investigación	27
3.2.Diseño de la Investigación	27
3.3. Población	28
3.4. Muestreo	28
3.5. Operacionalización de las variables de estudio.....	30
3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación	32
3.6.1. Técnica	32
3.6.2. Instrumentos.....	32

3.6.3. Procedimientos.....	32
3.7. Técnicas de análisis de resultados.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones	56
5.2. Recomendaciones.....	57
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
VII. ANEXOS.....	65

INDICE TABLA

<i>Tabla 1.</i>	19
<i>Clasificación taxonómica de la quinua</i>	19
<i>Tabla 2.</i>	20
<i>Clasificación Taxonómica de la Kiwicha</i>	20
<i>Tabla 3.</i>	20
<i>Contenido de fenoles totales y flavonoides de los granos sin germinar y germinadas de cuatro variedades de Amaranthus caudatus L. "kiwicha". Ayacucho.</i>	20
<i>Tabla 4.</i>	21
<i>Valores de capacidad secuestradora del DPPH, ABTS y reductora del hierro (FRAP) de compuestos fenólicos presentes en los granos sin germinar y germinadas de cuatro variedades de Amaranthus caudatus L. "kiwicha".</i>	21
<i>Tabla 5.</i>	21
<i>Clasificación taxonómica de la Cañihua</i>	21
<i>Tabla 6.</i>	22
<i>Características funcionales de la cañihua</i>	22
<i>Tabla 7.</i>	22
<i>Composición de los granos andinos en comparación al grano de trigo(g/100g)</i>	22
<i>Tabla 8.</i>	22
<i>Contenido de minerales de los granos andinos y el grano de trigo(mg/100g)</i>	22
<i>Tabla 9.</i>	23
<i>Contenido de aminoácidos en los granos andinos y harina de trigo (g de aminoácidos/100g de proteínas)</i>	23
<i>Tabla 10.</i>	23
<i>Contenido de compuestos bioactivos en granos de amaranto, cañihua y quinua</i>	23
<i>Tabla 11.</i>	27
<i>Matriz experimental de los componentes</i>	27
<i>Tabla 12.</i>	30
<i>Operacionalización de las variables de estudio</i>	30
<i>Tabla 13.</i>	34
<i>Formulación de queques de granos andinos germinados</i>	34
<i>Tabla 14.</i>	37
<i>Ánálisis proximal de las Harinas Germinadas</i>	37
<i>Tabla 15.</i>	37
<i>Ánálisis proximal de las Harinas sin Germinadas</i>	37
<i>Tabla 16.</i>	38
<i>Ánálisis de capacidad antioxidantes y polifenoles de las Harinas Germinadas</i>	38
<i>Tabla 17.</i>	41
<i>Resultados de los análisis sensoriales de los queques</i>	41
<i>Tabla 18.</i>	42
<i>ANOVA para un modelo lineal</i>	42
<i>Tabla 19.</i>	43
<i>ANOVA para modelo Lineal</i>	43
<i>Tabla 20.</i>	45
<i>ANOVA para modelo Cuadrático</i>	45
<i>Tabla 21.</i>	47
<i>ANOVA para un modelo Cuadrático</i>	47
<i>Tabla 22.</i>	49
<i>Soluciones de optimización del queque</i>	49
<i>Tabla 23.</i>	49
<i>Análisis proximal de los queques funcionales con harinas germinadas</i>	49

<i>Tabla 24.</i>	49
<i> Análisis de capacidad antioxidante y polifenoles de los queques con harinas germinadas</i>	49

INDICE FIGURA

<i>Figura 1.....</i>	<i>19</i>
<i>Los principales metabolitos secundarios farmacológicamente activos presentes en las semillas de quinua</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2.....</i>	<i>25</i>
<i>Diagrama de flujo del proceso de Germinación de Granos</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.....</i>	<i>27</i>
<i>Esquema del diseño experimental del proyecto</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4.....</i>	<i>35</i>
<i>Diagrama de flujo de elaboración de queques</i>	<i>35</i>
<i>Figura 5.....</i>	<i>39</i>
<i>Muestra 1 Harina de Quinua Germinada</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6.....</i>	<i>40</i>
<i>Muestra 2 Harina de Kiwicha Germinada</i>	<i>40</i>
<i>Figura 7.....</i>	<i>40</i>
<i>Muestra 3 Harina de Cañihua Germinada</i>	<i>40</i>
<i>Figura 8.....</i>	<i>42</i>
<i>Gráfico de superficie respuesta de Atributo color del queque</i>	<i>42</i>
<i>Figura 9.....</i>	<i>44</i>
<i>Gráfico de superficie respuesta de Atributo Sabor del queque</i>	<i>44</i>
<i>Figura 10.....</i>	<i>46</i>
<i>Gráfico de superficie respuesta de Atributo Olor del queque</i>	<i>46</i>
<i>Figura 11.....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico de superficie respuesta de Atributo Textura del queque</i>	<i>48</i>
<i>Figura 12.....</i>	<i>51</i>
<i>Ensayo de Carga vs desplazamiento de queque con granos andinos</i>	<i>51</i>
<i>Figura 13.....</i>	<i>51</i>
<i>Ensayo de Carga vs desplazamiento de queque con harina de trigo 100%</i>	<i>51</i>
<i>Figura 14.....</i>	<i>52</i>
<i>Ensayo de Carga vs tiempo de queque con granos andinos</i>	<i>52</i>
<i>Figura 15.....</i>	<i>53</i>
<i>Ensayo de Carga vs tiempo de queque con harina de trigo 100%</i>	<i>53</i>
<i>Figura 16.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 17.....</i>	<i>54</i>
<i>Gráfico Desplazamiento vs tiempo queque con harina de trigo 100%</i>	<i>54</i>

INDICE ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento de la Germinación de las semillas	65
Anexo 2 Balance de masa de la germinación y secado de los granos.....	66
Anexo 3. Galería de foto de la germinación de la Quinua.....	67
Anexo 4. Galería de foto de la Secado y molienda de la Quinua germinada.....	70
Anexo 5. Galería de foto de la Secado y molienda de la Kiwicha germinada.....	71
Anexo 6. Secado y molienda de la Kiwicha Germinada.....	72
Anexo 7. .Germinación de la cañihua.....	73
Anexo 8. .Reporte y grafica del Analizador de Textura TL-Pro.....	75
Anexo 9. Galería de foto de ensayo del Análisis instrumental de Textura TL-Pro.....	80
Anexo 10. Galería de foto de elaboración de los queques	81

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo de optimizar la formulación de un queque tipo inglés a base de harinas de granos andinos germinados y la adición de hidrocoloides, que permitan obtener las mejores propiedades funcionales y sensoriales, donde se utilizó harinas de Quinua Germinada (HQG), Harina de Kiwicha Germinada (HKG) y Harinas Cañihua Germinada (HCG). La metodología empleada fue un enfoque cuantitativo, experimental, aplicando un diseño Central Compuesto (DCC), superficie respuesta de 2 niveles con 3 factores (HQG, HKG y HCG), con 6 punto centrales, un total de 20 tratamientos, los niveles fueron 30-40g (HQG), 10-20g (HKG), 20-30g (HCQ). Los resultados obtenido demostrado que si es posible obtener un queque funcional, utilizando harina germinada de granos andinos, donde se concluye que la harina germinada favorece el aumento de los compuesto activos en el queque, que las temperaturas de gelatinización depende de las características intrínseco de los almidones , que la formulación 4 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 20g Kiwicha y 30g cañihua obtuvo el máximo valor de deseabilidad (0,857), con respecto al análisis sensorial siendo la Harina de quinua germinada el más influyente en el color, olor y textura del queque y la harina de kiwicha germinada en el sabor, que la formulacion 11 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 20 g Kiwicha y 20 g cañihua obtiene el máximo valor de proteína (12.67%), que la formulacion 17 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 10 g Kiwicha y 30 g cañihua obtiene el máximo valor de grasa (24.8%)., que la formulacion 11 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 20 g Kiwicha y 20 g cañihua obtiene el máximo valor de DDPH (575.54 uMol Trolox/mg, que la formulacion 17 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 10 g Kiwicha y 30 g cañihua obtiene el máximo valor de polifenoles (29.88 mg GAE/100g). el queque con grano andinos germinado tiene una textura más firme en comparación a un queque de harina de trigo.

Palabras Claves: Germinación, harinas, Quinua, Kiwicha, Cañihua, Queque, Sensorial, Capacidad antioxidantes.

ABSTRACT

The objective of this research was to optimize the formulation of an English-style cake using germinated Andean grain flours and the addition of hydrocolloids to achieve the best functional and sensory properties. Germinated quinoa flour (HQG), germinated amaranth flour (HKG), and germinated cañihua flour (HCG) were used. The methodology employed was a quantitative, experimental approach, using a Central Composite Design (CCD) with a two-level response surface methodology and three factors (HQG, HKG, and HCG), with six center points and a total of 20 treatments. The levels were 30-40g (HQG), 10-20g (HKG), and 20-30g (HCG). The results obtained demonstrated that it is possible to obtain a functional cake using germinated flour from Andean grains. It was concluded that germinated flour favors an increase in active compounds in the cake, that gelatinization temperatures depend on the intrinsic characteristics of the starches, and that formulation 4, with the proportion of germinated flour containing 40g quinoa, 20g kiwicha, and 30g cañihua, obtained the highest desirability value (0.857). Regarding sensory analysis, germinated quinoa flour was the most influential factor in the color, aroma, and texture of the cake, while germinated kiwicha flour influenced the flavor. Formulation 11, with the proportion of germinated flour containing 40g quinoa, 20g kiwicha, and 20g cañihua, obtained the highest protein value (12.67%), and formulation 17, with the proportion of germinated flour containing 40g quinoa, 10g kiwicha, and 30g cañihua, obtained the highest protein value (12.67%). Formulation 11, with the proportion of germinated flour containing 40g quinoa, 20g kiwicha, and 20g cañihua, obtains the highest DDPH value (575.54 µmol Trolox/mg). Formulation 17, with the proportion of germinated flour containing 40g quinoa, 10g kiwicha, and 30g cañihua, obtains the highest polyphenol value (29.88 mg GAE/100g). The cake made with germinated Andean grains has a firmer texture compared to a wheat flour cake.

Keywords: Germination, flours, quinoa, kiwicha, cañihua, cake, sensory, antioxidant capacity.

I. INTRODUCCION

1.1 Descripción del problema de Investigación

Los alimentos funcionales son aquellos alimentos que aparte de nutrir a la persona, también pueden prevenir enfermedades, tenga además la capacidad de satisfacer un mercado. (Huamanchumo, 2020).

Existe un reto en elaborar un alimento libre gluten, que aporte un mayor valor nutritivo y que tenga una calidad sensorial aceptable, ya que la mayoría son productos elaborados con harinas de tubérculos (camote, papa), que no aportan nutrientes proteicos ni compuestos activos, por ello los granos denominados pseudocereales son una gran alternativa, para elaborar productos que pueden ser consumidos por las personas celiacas y posean un valor nutritivo, comentado por Schoenlechner (como se citó en Huamachumo, 2022).

La realidad es que no existe muchos estudios de formulacion de productos libres de gluten que sea nutritivo, decir que aporte nutrientes como proteinas, minerales, compuesto activos, y ademas que tenga gran aceptabilidad sensorial, es donde los granos andinos germinados seria una alternativa viables para cubrir ese vacio del mercado.

Se considera un alimentos libre de gluten cuando contengan <20 ppm de gluten, ello realizado, mediante el analisis el kit Elisa Ridascree. (Usaga y Aiello, 2019).

Según un estudio hecho en setiembre del 2013 por la encuestadora Datum Internacional, se encontró que el 40% de los consumidores peruanos prefiere una alimentación sana, donde se pudo apreciar principalmente en los niveles socioeconómicos A y B, quienes priorizan su salud en nutricional, también se observó que el 53% está tomando conciencia de los alimentos que consumen. (Ferre et al, 2018).

“Según un artículo publicado por The American Journal of Clínica Nutrition (2015), que una dieta basada en alimentos sin gluten tiene muchos beneficios para la salud:

Mejorar las condiciones del síndrome metabólico como la glucosa elevada, hipertensión y grasa abdominal, entre otros, mejorar la tolerancia a la glucosa, Ayudar a reducir los triglicéridos, ayudar a disminuir la hinchazón y pesadez, tal como indica” (Ferre et al, 2018).

Existen tres principales cambios fisiológicos que causa el consumo de una dieta a base de gluten:

- La alergia al gluten, debido a una hipersensibilidad a la inmunoglobulina E.
- La enfermedad celiaca que es incapacidad del tracto digestivo, que puede generar dificultad para absorber los nutrientes, siendo la causa raíz la presencia de la proteína del gluten.
- La sensibilidad al gluten no celiaca, que se diferencia de las otras, que no está bien definido que sea el gluten, pero se observó que una dieta libre de gluten, causa una mejoría significativa. (Elli et al, 2017).

La Normativa 118-1979 del Codex Alimentarios (2008), que menciona que un producto no debe sobrepasar de 20 ppm de gluten para ser considerado libre de gluten. En cambio en el rango de 20 a 100 ppm de gluten debe ser declarado bajo en gluten. (Flores, 2017).

Una certificación adicional utilizada en los Estados Unidos es la de la Organización de Certificación Libre de Gluten (Gluten Free Certification Association, 2016), la cual manifiesta que para que un producto sea declarado libre de gluten debe no de pasar de 10 ppm de gluten, la Asociación de la Enfermedad Celiaca (Celiac Support Association, 2016), indica que un alimento no sobrepasar el límite de 5 ppm para ser considerado libre de gluten. (Flores, 2017).

En 2009, según los autores Berghofer y Schoenlechner, indican que, entre los cereales libre de gluten, tenemos al maíz, el arroz y la soya; los granos andinos quinua, tubérculos tales como la papa y yuca. Debido a la ausencia de gluten debe combinarse gomas entre goma guar, goma xantana, entre otros y emulsionantes, (Flores, 2017)

Según Wright, Martínez y Karol. (2020), la enfermedad celiaca es de origen autoinmune, que causa inflamación en el tracto digestivo, siendo el tratamiento, una alimentación libre de gluten.

1.2 Formulación del problema de investigación

¿Cuál será la optimización de la formulación del queque funcional tipo inglés a base de harinas de granos andinos germinados (Quinua, Kiwicha y Cañihua), con adición de hidrocoloide, que permita obtener mejores propiedades funcionales y sensoriales?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

Optimizar la formulación a base de harinas de granos andinos germinados y la adición de hidrocoloides, que permitan obtener las mejores propiedades funcionales y sensoriales en un queque tipo inglés.

Objetivo específico

- ✓ Obtener y caracterizar mediante composición proximal las harinas a base de granos andinos no germinados y germinados
- ✓ Evaluar las curvas amilográficas de las harinas a emplearse
- ✓ Realizar la evaluación sensorial (olor, sabor color y textura), color y textura instrumental del queque tipo inglés.
- ✓ Determinar la formulación del queque a base de las harinas germinadas, libre de gluten, empleando las gomas (xantana) para una mayor aceptación
- ✓ Determinar la formulación óptima queque a base de las harinas germinadas, libre de gluten por el método de superficie de respuesta de máximo contenido de capacidad antioxidante y polifenoles totales.
- ✓ Realizar el análisis de composición proximal del queque tipo inglés óptimo y análisis funcional (polifenoles totales, actividades antioxidantes).

1.4 Formulación de la hipótesis

La optimización de la formulación del queque funcional tipo inglés a base de harinas de granos andinos germinados (Quinua, Kiwicha y Cañihua), con adición de hidrocoloide, permite obtener mejores propiedades funcionales y sensoriales

1.5 Justificación e importancia de la investigación

Los granos andinos contiene un alto potencial para su uso en la elaboración de productos sin de gluten, que permiten obtener alimentos de alto valor nutritivo, por lo cual es necesario seguir investigando en el desarrollo de productos nuevos, para satisfacer las necesidades del consumidor, ya que están demostrando su aporte de nutrientes, de compuestos fenólicos, y actividad antioxidantes, por lo cuales se considera ingredientes funcionales, que permitiría prevenir enfermedades como la diabetes, disminuir el colesterol, aparte tiene un aporte de minerales y poder utilizarse para una dieta alimenticia. para tratar enfermedades como las alergias y intolerancias al gluten (Huamanchumo, 2020).

El queque tipo inglés es un producto de pastelería, de gran aceptabilidad por parte de la población peruana, por tener un agradable sabor y olor y textura (Guardado, 2020).

La optimización de la formulación es importante porque nos permitirá obtener un producto con sus máximos contenidos de compuestos que nos confiera las propiedades funcionales y sensoriales al queque tipo inglés, ya que la optimización es una herramienta estadística es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras

El impacto de elaborar un queque funcional a base de granos andinos germinados es de gran relevancia para la población peruana, ya que permite no solo ofrecer un producto nutritivo, sino que prevenga enfermedades tales como el cáncer, que según los estudios están en aumento a una tasa anual del 48%. (Lamos et al, 2018).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Existen estudios sobre el uso de granos andinos de los granos de quinua, Kiwicha y cañihua ese último del departamento de puno del Perú, donde se ha determinado las características botánicas, propiedades de sus compuestos bioactivos, capacidades antioxidantes, valor nutritivo, los cuales son importante para la presente investigación, se ha realizados estudios de uso en productos tales como galletas, panes, pero muy poco en productos libre de gluten. A continuación, se mencionada los antecedentes más relevantes del proyecto planteado:

Villagrán et al (2022), en su investigación sobre los alimentos funcionales y su impacto en la salud humana.

Conclusiones:

Que la quinoa en un estudio realizados a 29 adultos prediabéticos sin tratamiento farmacológico y con 40 g de harina de quinoa consumida por día, durante 28 días y con uso de un placebo como la maltodextrina, mediante un estudio clínico aleatorizado, (doble ciego), se logró demostrar que el consumo de quinoa disminuyó la hemoglobina glicosilada.

Martínez et al (2021), en su investigación sobre, nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario.

Conclusiones:

La demanda de alimentos actual debido a la pandemia del covid 19, está exigiendo alimentos saludables por lo que es importante desarrollar alimentos que cubra las necesidades nutricionales, prevenga enfermedades crónicas no transmisibles como es el cáncer principalmente y que sea aceptado por el consumidor.

Cajavilca (2022), en su investigación sobre la calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de galletas a base de granos andinos.

Conclusión:

Que la formulación con 50% tarwi, 13% cañihua, 29% kiwicha, 8% quinua fue la que obtuvo mayor preferencia y aceptabilidad, no existiendo diferencia significativa para los atributos de sabor, crocantes, color y aspecto para la galleta. Ofrece un aporte del 80% en proteínas (18g) más en comparación con galletas comerciales y productos similares propuestos en otras investigaciones.

Llumiquinga (2022), estudio el efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería

Conclusiones

Que las sustituciones de harinas no convencionales en productos de panificación y pastelería elevan el contenido de proteínas y minerales tales galletas, cupcakes, pastas y en productos de panificación, siendo la harina de quinua con mejores resultados debido a su potencial contenido proteico, y su bajo contenido de humedad permite una mayor vida de anaquel en los productos que se utilice en mezclas con otras harinas para su valor nutricional.

Sotomayor (2019), quien realizó la caracterización de magdalenas de cacao y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) usando la prueba sensorial Check-All-That-Apply (CATA) y el método Taguchi.

Conclusión:

El uso de la harina de cañihua en la sustitución parcial de la harina de trigo para la elaboración de magdalenas influyó en los análisis fisicoquímicos y logró una máxima aceptabilidad sobre las características sensoriales del producto, siendo el mejor tratamiento la formulación con cañihua 20 %, cantidades mayores disminuyen la aceptabilidad sensorial.

Hurtado (2022), en su evaluación de las características nutricionales de productos de panadería y repostería libres de gluten en la ciudad de Medellín

Conclusión:

Que la demanda de productos libre de gluten están en un crecimiento acelerado siendo principalmente a modas y no necesariamente a una necesidad médica, siendo los principales producto de mayor demanda tales como panes, galletas dulces y saladas, brownies y tortas etc., pero se considera aun un mercado emergente, donde los principales productores pequeñas empresas, las cuales no dan una información adecuadas sobre sus propiedades, una dieta libre de gluten implica un reto económicos y social debido al cambio de hábito de consumos por parte de la persona.

Vargas et al (2019), en su análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa*) como alimento funcional.

Conclusiones

Que, en las variedades de quinuas evaluadas, la fibra dietética tiene una alta capacidad antioxidante, incluso con valores resaltantes como es el caso de quinua morada con

367,86 uMT rolox/g, y en el caso de los polifenoles, indica que se debe a la fracción de fibra insoluble como los compuestos de un mayor grado de polimerización: taninos condensados y taninos hidrolizables. Mientras que asociado a la fracción de fibra soluble se encuentran los polifenoles de menor peso molecular, como algunos flavonoides, ácidos fenólicos, dímeros y trímeros de proantocianidina, lo que puede prevenir enfermedades cardiovasculares.

Chambi (2019), en su elaboración de cup-cakes con sustitución parcial de harina de trigo con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y sustitución de grasa por gomas de linaza (*Linum usitatissimum*) y chía (*Salvia hispánica*).

Conclusión:

Que mediante un diseño de bloques completamente al azar logró demostrar que la sustitución de la materia grasa por las gomas de la chía y linaza en un 50 y 100% evaluando el volumen y porosidad, humedad, fibra, ceniza, proteína, carbohidratos, grasas y finalmente sensorial, siendo la adición de proporción de harinas iguales y con una sustitución del 50% la muestra con mejores resultados.

Hinostroza (2020), en su estudio sobre el efecto de la germinación de quinua y kiwicha en el contenido de fenólicos totales, betalaínas, vitamina C y actividad antioxidante.

Conclusión:

Los resultados demostraron que al ser sometido la quinua roja Pasankalla a un tratamiento de 10 h x 25° C, aumenta el contenido de compuestos fenólicos pero disminuye el contenido de vitamina C, y su capacidad antioxidante los granos de quinua y kiwicha.

Diez (2021), realizó el efecto del germinado sobre la capacidad antioxidante de la quinua rojas y quinua blanca (*Chenopodium Quinoa Willd*).

Conclusión.

Que la germinación incrementa el poder antioxidante es alta y directamente proporcional con la concentración y que la capacidad antioxidante es mayor en el germinado de quinua roja comparándolo con el germinado de quinua blanca y la quinua blanca tiene ligeramente menor capacidad antioxidante comparándola con la quinua roja.

Guardianelli (2022), en su revisión de la mejora nutricional de harinas de amaranto y quinoa

Conclusión:

La germinación controlada permite disminuir significativamente los factores antinutricionales como los fitatos, inhibidor de tripsina, taninos, entre otros y los compuestos bioactivos aumentan, considerándose a las harinas de semillas germinadas como “ingredientes funcionales”. Siendo una buena alternativa su uso en productos de panificación para elevar el perfil nutricional en productos de consumo masivo

Quintero y Guevara (2021), en su investigación sobre la quinua, sus compuestos bioactivos, propiedades funcionales en el diseño y desarrollo de productos.

Conclusión

La quinua que su consumo previene las enfermedades cardiovasculares, la hiperglucemia, la obesidad, actúa en la reducción del colesterol total y el colesterol LDL, también demostró que tiene una actividad anticancerígena relacionada con el cáncer colorrectal humano y cáncer de próstata, siendo aptos para los celiacos por lo cual la quinua se convierte en un ingrediente principal en la producción de alimentos funcionales libre de gluten.

Otavallo y Rubí (2021), realizaron el estudio de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*) en la elaboración de cupcakes relleno de chocolate.

Conclusión.

Donde la formulación con 25% de harina de quinua y 75% harina de trigo hubo un incremento en el contenido de proteína con valor de 5,10%. En la evaluación sensorial se obtuvo que la formulación con el 25% de sustitución fue el mejor tratamiento luego de haber aplicado una escala hedónica para los parámetros olor, color, sabor, textura y aceptación global.

Casanave y Ruiz (2022), en su evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, Kiwicha y cañihua

Conclusiones:

Realizaron el estudio de los granos andinos y sin germinar de quinua, Kiwicha y cañihua, resultando con el mayor contenido de proteínas los granos germinados y con respecto al aporte nutricional se pudo apreciar que los granos germinados y cocidos si existen diferencia significativa

Silup et al (2021), en la caracterización Fisicoquímica de Pan con Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) Germinadas

Conclusiones:

Investigaron el uso de la harina de quinua y kiwicha germinada en la elaboración de panes, logrando incorporar un 10% de harina quinua y 25% de harina kiwicha en la formulación logrando incrementar el contenido de proteínas.

Peña (2020), en su estudio sobre la Influencia de la germinación sobre los azúcares reductores en Quinua y su efecto en los atributos tecnológicos del pan

Conclusiones:

Que los tiempos de germinación tiene una influencia positiva demostrando que en el aumento de azúcares reductores, en dos variedades de quinua, y su evaluación en panes, que, si existe diferencia entre ambas variedades siendo mayor la quinua germinada Pasankalla, seguida de la quinua germinada negra con un nivel de significancia de 95%.con respecto al control.

Luna (2021), en su investigación de las aplicaciones de la harina de quinua en la industria de la panificación.

Conclusiones:

Que el uso del grano de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y la semilla de chia permite elaborar un pan libre de gluten, con uso de goma xantana, para lo cual optimizo la formulación del pan obteniendo un producto con un alto valor nutricional y funcional.

León y Chóez (2021), en su investigación de elaboración de premezcla libre de gluten para usos reposteros a base de quinua (*Chenopodium quinua*), avena (*Avena sativa*) y amaranto (*Amaranthus*).

Conclusiones:

Que los pseudocereales se pueden usar para elaborar productos de pastelería, entre los ingredientes utilizaron fue la harina de quinua, avena y amaranto, donde trabajaron con personas celiacas, pero también había algunos con diabetes, en esos últimos, no se encontró un incremento en su nivel de azúcar en la sangre por el consumo del alimento a base libre de gluten.

Huamanchumo (2020), en su estudio de los pseudocereales andinos: valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten.

Conclusiones:

Los granos andinos, como la cañihua, amaranto y cañihua, debido a sus perfiles nutricionales, ácidos grasos y minerales y compuestos activos y fenólicos, pueden ser utilizados en productos libre de gluten, pero comprobó que la ausencia del gluten afecta la calidad sensorial, por lo que recomienda realizar estudio que permitan mejorar en ese aspecto, para elaborar productos libres de gluten con valor nutritivo.

Vidaurre (2020), su investigación para el desarrollo de panes libres de gluten con harinas de granos andinos.

Conclusiones:

Que si es posible la elaboración de panes libre de gluten con harina de granos andinos a base quinua, kiwicha y tarwi, además del uso de goma de tara y goma xantana para mejorar la calidad sensorial, donde se pudo observar que las mezclas evaluadas necesitaban más contenido de agua para formarse, en presencia de las gomas, todos los resultados fueron satisfactorio en especial la harina de tarwi con 0.5% de goma xantana, lo cual se evidencia un aumento significativo de proteínas y minerales.

Zegarra (2018), en su investigación para la elaboración de un pan apto para celiacos a base de harina de chenopodium Pallidicaule aelle (Cañihua) y evaluación de su aceptabilidad sensorial.

Conclusiones:

Que la cañihua si permite elaborar un pan libre de gluten, para ello se evaluó su aceptabilidad, la formulación estuvo conformada por harina de cañihua, almidón de yuca, suero de leche y goma xantana, obteniendo un pan con un mayor valor nutritivo y aceptabilidad por parte de las personas celiacas

2.2 Marco Conceptual

2.2.1. Granos Andinos

Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

La *Chenopodium quinoa*, es un grano andino conocido desde la civilización inca, puede ser cultivada al nivel del mar y en altitudes mayores de los 3 metros, tiene un alto valor nutritivos, la mayor diversidad se encuentras en los países andinos señala Jacobsen (citado por Vargas et al, 2019).

En el grano de quinua se han logrado identificar al menos 193 metabolitos secundarios en los últimos 40 años. Incluyen principalmente ácidos fenólicos, flavonoides, terpenoides, esteroides y compuestos que contienen nitrógeno. La alta diversidad de flavonoides y ácidos fenólicos presente en la quinua, por lo cual se denomina como un potencial “nutracéutico” o “alimento funcional” (como se citó en Campos et al (2022).

Tabla 1.

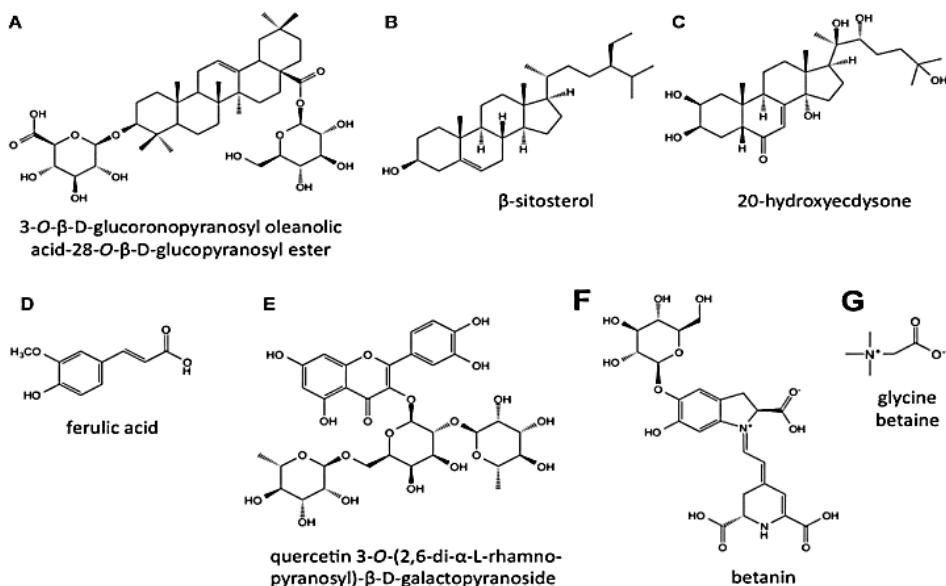
Clasificación taxonómica de la quinua

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógama
Clase:	Dicotiledóneas
Subclase:	Angiospermas
Orden:	Centrospermales
Familia:	Chenopodiaceas
Género:	Chenopodium
Sección:	Chenopodia
Subsección:	Cellulata
Especie:	Chenopodium quinoa

Fuente: Mujica et al (2001)

Figura 1.

Los principales metabolitos secundarios farmacológicamente activos presentes en las semillas de quinua



Fuente "Major pharmacologically active secondary metabolites are present in quinoa seeds. A: triterpenesaponin, B: phytosterol, C: phytoecdysteroid, D: phenolic acid, E: flavonol glycoside, F: betalain, G: glycine betaine. (Graf et al, 2015) (como se citó en Pakbaz etc al,2021)"

Kiwicha

Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) también conocido como amaranto, existe época precolombina, ante que el maíz y la papa, tiene un gran valor por sus propiedades nutricionales, siendo rico en lisina y metionina lo cual eleva la disponibilidad de los aminoácidos y además de aporte de fibras y minerales. (Chamorro et al, 2018)

Tabla 2

Clasificación Taxonómica de la Kiwicha

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógama
Clase:	Dicotiledoneae
Subclase:	Archyclamideae
Orden:	Centrospermales
Familia:	Amaranthaceae
Género:	<i>Amaranthus</i>
Especies:	<i>Caudatus, cruentus</i>

Fuente: Pérez (2010)

Tabla 3

Contenido de fenoles totales y flavonoides de los granos sin germinar y germinadas de cuatro variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha". Ayacucho.

Variedad	Fenoles Totales		Flavonoides	
	(mg GAE /g de muestra)*		(mg QE/ g de muestra)**	
	Sin Germinar	Germinado	Sin Germinar	Germinado
Centenario	5.64	20.83	156.71	228.57
Cristalino	6.78	32.92	212.55	580.95
Oscar Blanco	7.20	19.94	196.54	467.1
Taray	6.36	35.00	295.57	230.74

* $p<0.05$

** $p<0.05$

Fuente: Felices y Viacava (2018)

Tabla 4.

Valores de capacidad secuestradora del DPPH, ABTS y reductora del hierro (FRAP) de compuestos fenólicos presentes en los granos sin germinar y germinadas de cuatro variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".

Variedad	Capacidad Secuestradora Del DPPH (mg TE /g de muestra)*		Capacidad Secuestradora Del ABTS (mg TE/ g de muestra)**		Capacidad reductora del Hierro (FRAP) (mgTE/g de muestra) ***	
	Sin Germinar	Germinado	Sin Germinar	Germinado	Sin Germinar	Germinado
Centenario	98.73	149.62 ^a	72.45	155.94 ^a	51.05	102.38 ^a
Cristalino	107.85	151.85 ^c	75.99	178.09 ^b	67.63	132.75 ^b
Oscar	108.91	150.09 ^{ab}	84.90	164.06 ^a	65.11	110.47 ^a
Blanco						
Taray	99.61	151.38 ^{bc}	69.05	180.18 ^b	54.28	136.42 ^b

* $p<0.05$

** $p<0.05$

*** $p<0.05$

Fuente: Felices y Viacava (2018)

Cañihua

La kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), se le conocer también como, kañiwa, kañahua, kañagua, cañahua, cañihua, cañihua, según la ubicación geográfica donde se siembra, fue de vital importancia para el poblador andinos durante muchos años y fue la fuente de nutrientes para los pobladores andinos durante cientos de años (Gade,1970).

Tabla.5

Clasificación taxonómica de la Cañihua

Reino:	Vegetal
Subreino:	<i>Phanerogamae</i>
Clase:	<i>Dicotyledoneae</i>
Subclase:	<i>Archyclamideae</i>
Orden:	<i>Centrospermales</i>
Familia:	<i>Chenopodiaceae</i>
Género:	<i>Chenopodium</i>
Especie:	<i>Chenopodium canihua</i> Cook

Fuente: Chura (2019)

Tabla 6.

Características funcionales de la cañihua

Componentes	Unidad	Cantidad
Compuestos fenólicos	mg/acido gálico/100g	73.53±0.37
	mg-eq AG/g	1.9±0.1
Capacidad antioxidante	μg trolox/g	1253.67
	mg extracto /ml	1.3±0.0
Flavonoides	mg/100g	36.2-144.3
	mg-eq CAT/g	2.0±0.1

Fuente: Huamaní (2018) y Repo-Carrasco & Encina (2008). (como se citó en Mamani,2021).

Valor nutricional de los granos andinos

Los granos andinos son una gran fuente de proteína vegetal, con cierta aminoácidos limitantes, pero con correcta mezcla se complementan, también aporte de hierro y de compuesto activos superiores al grano de trigo, tal como se muestra en las tablas adjuntas.

Tabla 7.

Composición de los granos andinos en comparación al grano de trigo(g/100g)

Nutriente	Quinua	Cañihua	Kiwicha	Trigo
Proteína	13.60	14.0	12.8	10.3
Grasa	5.80	4.5	6.6	1.9
Carbohidratos	66.6	64.0	69.1	74.7
Fibras crudas	1.90	9.8	2.5	3.0
Cenizas	2.50	5.1	2.3	1.5
Humedad	11.50	12.4	9.2	11.6

Fuente Reyes et al (2017)

Tabla.8.

Contenido de minerales de los granos andinos y el grano de trigo(mg/100g)

Minerales	Quinua	Cañihua	Kiwicha	Trigo
Calcio	56	110	236	36
Fosforo	242	375	453	314
Zinc	3.30	-	2.68	2.96
Hierro	7.50	13	7.32	3.87

Fuente: Reyes et al (2017)

Tabla 9.

Contenido de aminoácidos en los granos andinos y harina de trigo (g de aminoácidos/100g de proteínas)

Aminoácidos	Quinua Blanca	Cañihua	Kiwicha	Harina de Trigo
Fenilalanina	4.05	3.18	3.96	5.30
Triptófano	1.30	0.85	0.95	1.20
Metionina	2.20	1.40	2.13	1.60
Leucina	6.83	5.44	5.20	7.70
Isoleucina	7.05	5.80	6.17	4.00
Valina	3.38	4.53	4.36	4.50
Lisina	7.36	5.07	7.16	2.30
Treonina	4.51	4.41	4.73	2.90
Arginina	6.76	7.62	8.50	-
Histidina	2.82	-	2.31	-

Fuente: Collazos et al (1996)

Tabla 10.

Contenido de compuestos bioactivos en granos de amaranto, cañihua y quinua

Componente	Amaranto	Cañihua	Quinua	Referencia
Compuestos fenólicos totales (mg Acido Gálico/100g en b. s)	12.4-21.2	2.18-2.21	204.0	Álvarez-Jubete et al (2010); Han et al (2019) Repo-Carrasco et al (2009); Skrovankova et al (2020)
Betalaínas (mg/100g b. s)	0.07-0.96	2.3 -42	0.2- 6.1	Abderrahim et al (2015); Li et al (2015)
Fitoesteroles totales Mg/100g b. s	104.5	Datos no reportados	38.8-41.2	Islam et al (2017)

Fuente: Huamanchumo (2020)

Proceso de germinación y operación de obtención de harina

Para el proceso de germinación se aplicará los parámetros de los siguientes autores (Paucar *et al.*, 2017; Paucar et al., 2018 y Abderrahim *et al.*, 2012), para obtener granos con mayores niveles de compuestos funcionales, para ello vamos a describir brevemente cada una de las etapas a emplearse. Figura 1

Recepción y Selección.

En esta etapa la finalidad consiste en eliminar cualquier material extraño, y se hace la separación de los granos dañados de los enteros.

Desinfección.

Consisten en desinfectar por un espacio de 30 minutos con una solución de Hipoclorito de Sodio al 0.01 %.

Maceración o Remojo.

Consisten para hidratar el grano para activar la germinación, para ello se usa de agua destilada, la proporción de cantidad de agua y grano depende de la variedad y tamaño, siendo la relación 1:5 la más utilizada por un espacio de 5 horas, teniendo cuidado evitar la contaminación de microorganismo.

Germinación.

En esa etapa se inicia la germinación del grano, que han sido previamente remojado, para ello es importante controlar los parámetros de humedad, tiempo de 24 a 30 horas y una temperatura de 20°C a 26°C, según el tipo de grano.

Secado.

La operación de secado consiste en reducir el contenido de agua hasta alcanzar una humedad inferior al 4.5%, se realizará en un secado de bandeja, es importante el control de la temperatura debajo de 40°C y tiempo oscilará entre 36 a 48 horas, para evitar pérdidas de los compuestos activos

Molienda.

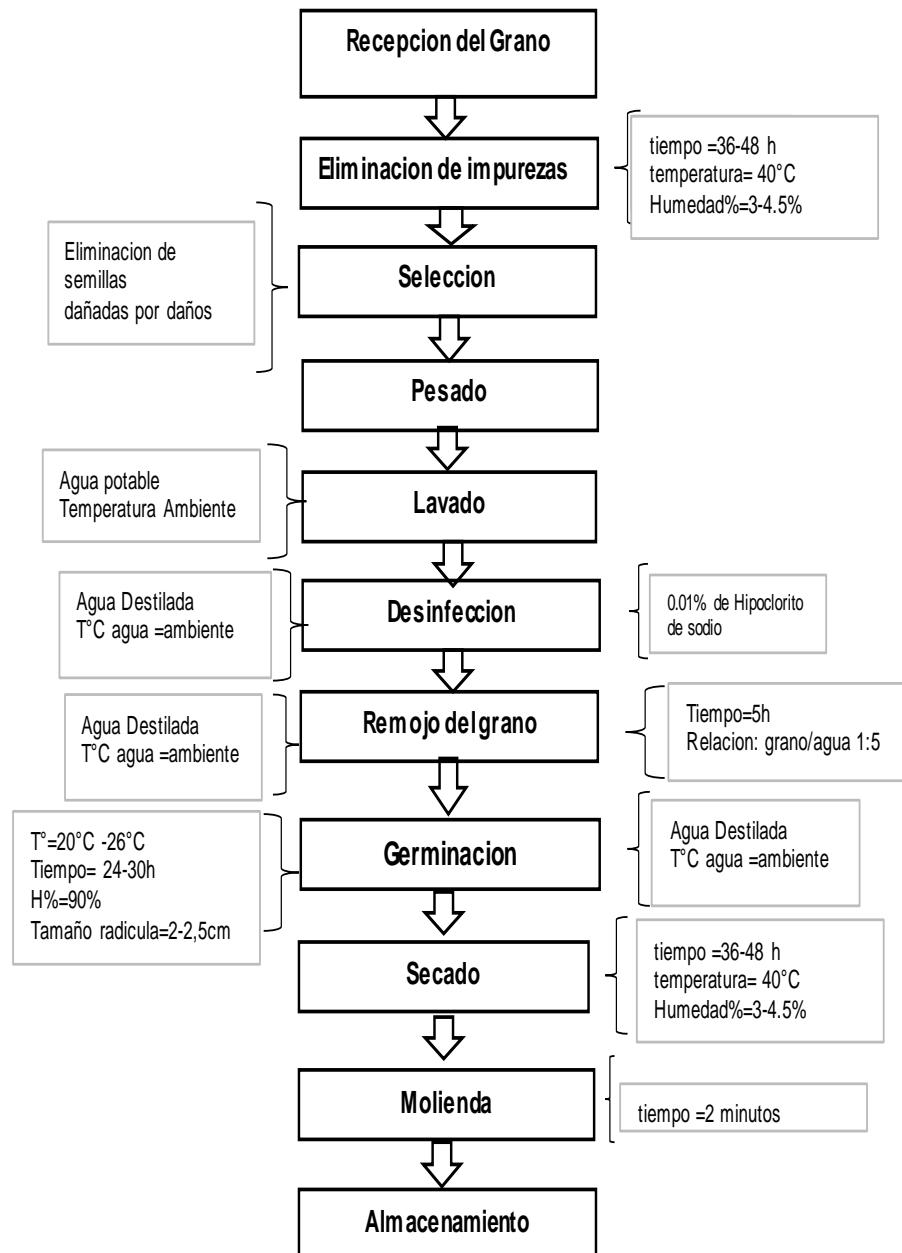
Consiste en reducir de tamaño los granos germinados y secado para convertirlo en harina, para luego ser tamizado para conocer su diámetro de partícula.

Almacenamiento.

Una vez obtenido la harina se procede a embolsar al vacío y almacenar en refrigeración

Figura 2.

Diagrama de flujo del proceso de Germinación de Granos



Fuente: Adaptado de (Paucar *et al.*, 2017; 2018 y Abderrahim *et al.*, 2012),

2.2. Marco conceptual (Definiciones seleccionadas para demostrar la hipótesis y definiciones de términos necesarios)

Granos andinos germinados

Casanave y Ruiz (2022), mencionan que el grano germinado permite aumentar su valor nutricional y digestibilidad permitiendo poder incursionar en productos saludables

Repo-Carrasco et al. (como se citó en Cassanave y Ruiz, 2022), llegaron a determinar los tiempos óptimos del proceso de germinación, para alcanzar su máximo de valor nutricional, siendo para la quinua y cañihua un tiempo de dos días y para la kiwicha de tres días.

Hidrocoloides

Hidrocoloides son la mayoría polisacáridos no digeribles, entre ellos tenemos a las gomas que son moléculas de gran tamaño con grupos hidroxilos, lo cual le permite formar geles con el agua, permitiendo retener la humedad en el producto, mejorando la, textura de los productos. (Angiolini, 2013).

Capacidades antioxidantes

Actividad antioxidante es la capacidad de poder neutralizar los radicales libres que pueden causar la oxidación de las biomoléculas, ello es gracias a tienen la capacidad de reducir la molécula por ganancia de electrones (Kuskoski et al., 2009).

Polifenoles totales

Polifenoles son moléculas cuya estructura química tienen anillos aromáticos unidos a grupos hidroxilos. Entre los más representativos tenemos a los flavonoides y las proantocianidinas y taninos hidrolizados. (Govea, et al., 2013).

III. METODOLÓGÍA

3.1. Método de la Investigación

3.1.1. De acuerdo al tipo de investigación es Aplicada: porque se generará conocimientos que se utilizará para el mayor uso de granos andinos germinados en productos libre de gluten en nuestro país

3.1.2. De acuerdo con al diseño de investigación es experimental porque se manipula las variables, (niveles de harinas de granos andinos germinados).

3.1.3. De acuerdo con el enfoque de la investigación: fue cuantitativa debido a que se realizó ensayos que permitió medir las variables experimentales para poder demostrar la hipótesis planteada.

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación se trabajó con un diseño Central Compuesto (DCC). se utilizó un diseño central compuesto de 2 niveles con 3 factores, 1 replica y 6 puntos centrales. Con un total de 20 tratamientos. Véase Tabla 11.

Tabla 11.

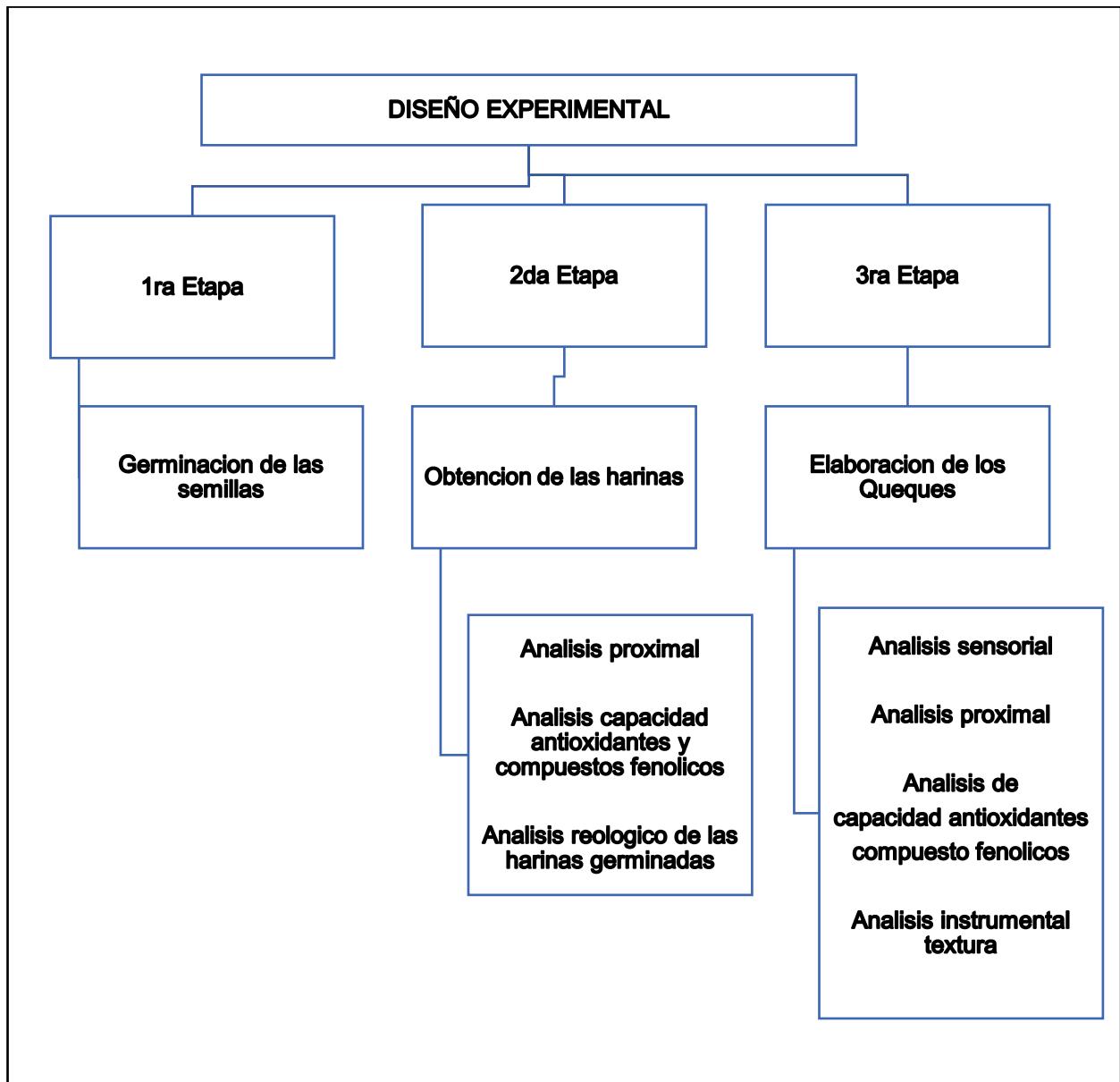
Matriz experimental de los componentes

Nº Tratamientos	FACTORES		
	A: Harina Quinua Germinada Niveles: 30-40g	B: Harina Kiwicha Germinada Niveles: 10-20g	C: Harina Cañihua Germinada Niveles: 20-30g
1	40	20	20
2	35	15	25
3	30	20	20
4	27	15	25
5	43	15	25
6	35	15	17
7	40	10	20
8	40	20	30
9	30	20	30
10	35	15	25
11	30	10	30
12	40	10	30
13	30	10	20
14	35	7	25
15	35	15	25
16	35	15	33
17	35	15	25
18	35	23	25
19	35	15	25
20	35	15	25

Fuente: Design Expert V.13.0

Figura 3

Esquema del diseño experimental del proyecto



3.3. Población

La población fue un total de 200 queques para los 20 tratamientos, cada queque contiene un peso neto de 250 gramos.

3.4. Muestreo

La muestra está constituida por 168 queques rectangulares para los 20 tratamientos. La cantidad de la muestra se obtuvo utilizando el Muestreo Probabilístico o Muestreo Aleatorio, teniendo en cuenta que es una población conocida (Aguilar-Barojas, 2005) que a continuación se detallada:

La técnica de muestreo será el muestreo probabilístico aleatorio simple que se obtendrá a través de una fórmula estadística, para el cálculo de la muestra con poblaciones finitas.

La muestra es aleatoria simple, que se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 N \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot N + z^2 \cdot (p)(q)}$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

Z = nivel de confianza (1,96)

p = tasa de prevalencia de objeto de estudio (0,5)

q = (1-p) = 0,5

N = tamaño de la población total de 200 queque de 250g c/0)

e = precisión o error (0.05)

Aplicando la ecuación tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2(200).(0.5)(0.5)}{(0.05)^2(200) + (1.96)^2 \cdot (0.5)(0.5)}$$

$$n = 132 \text{ queque}$$

Muestra

Por tanto, se evaluarán 132 en total de 250g de peso, los cuales estarán dividido entre 20 tratamientos se tendría 6.6 queque c/u.

3.5. Operacionalización de las variables de estudio

Tabla 12.

Operacionalización de las variables de estudio

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Rango	Tiempo de variables
Variable independiente	Tipos	Es la materia prima conformada por quinua, cañihua y Kiwicha, que se utilizará para que aporte el valor funcional al queque	Se calculará mediante la optimización deseabilidad	Peso	10-40	continua
	Harina de granos andinos germinados			H. Quinua Germinada 30-40g	H.Q.G 30-40	
	Proporción	Estará conformado		H. Cañihua germinada 20-30g	H.C.G 20-30	
		H. Kiwicha germinada 10-20g			H.K.G 10-20	
Variable dependiente	Capacidad Antioxidante	Es la valoración que tiene un alimento evaluado para poder neutralizar los moles de radicales libres presentes.	Producto que se obtendrá mediante el método el diseño estadístico para las diferentes	mMol ET/100 g muestra		Continua

		formulaciones de queque.	Variable según el tipo de grano
Poli fenoles totales	Son compuestos químicos conformado principalmente por compuestos no flavonoides y los compuestos flavonoides.	Producto que se obtendrá mediante el método del diseño estadístico para las diferentes formulaciones queques.	mgAG/100g. muestra
Aceptabilidad	Es una apreciación sensorial del producto con respecto a atributos como son color, olor, sabor y textura del queque	Se realiza mediante la degustación de porciones de queques. Aplicando una escala hedónica	Variable según el tipo de grano continua Escala 1-7 hedónica

3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación

3.6.1. Técnica

La técnica para utilizada para la recolectar los datos fue mediante medición experimental, el cual consistió en registrar datos conforme se realizó el experimento, bajo condiciones controladas según las variables planteadas en la investigación.

3.6.2. Instrumentos

- Germinador de granos. Marca: MAQUILAK. Modelo: BJPX-HT400II. Perú
- Secador de bandejas, marca Torrh, modelo SBT-10XL
- Módulo de molienda y tamizado. Marca: Torrh. Modelo: MDMT-60XL. Serie: JP 001 01 13. Perú.
- Balanza analítica marca ADAM, modelo PW-254.
- Horno rotatorio por convención marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Batidora Kitchenaid Modelo 5KSM7990XEWH
- Equipo Kjeldalhl, marca VELP SCIENTIFICA
- Equipo Soxhlet, marca FOSS, modelo SOXTEC
- Estufa, marca Blue-M, modelo SW-17TC-1, Serie SW-1990.
- Mufla, marca Thermolyne
- Espectrofotómetro UV. Modelo Perkins – Elmer – USA
- Mixolab Chopin Technologies France
- Análizar de Textura. Food Technology Corporation TL-Pro

3.6.3. Procedimientos

Etapa 1 Germinación de los granos andinos

Se procedió de la siguiente manera, primero se recepción las semillas, luego se eliminó las impurezas, después se procedió con el pesado para poder luego realizar el balance de masa, después siguió con el lavado con agua potable a temperatura ambiente, luego se realizó la desinfección con 0.01% de hipoclorito de sodio y agua destilada por un espacio de 30minutos. Se Macedo por 6 horas en una relación de granos/agua de 1:5, la germinación fue a 20°C por 48horas, para la quinua, de 26°C por 62horas para la Kiwicha y 26°C por 48 horas para cañihua, todos con una humedad relativa del 90% considerando los parámetros

propuestos por los autores(Paucar *et al.*, 2017; Paucar et al., 2018 y Abderrahim *et al.*, 2012),

Etapa 2 Obtención de la harina de granos andinos germinados

Luego se procedió a secar en el secador de bandeja a una T=55° por 30hrs, para los granos quinua germinadas, de 40°C por 24 horas para el grano de Kiwicha y de 24horas a 40°C para los granos de cañihua germinada hasta una humedad final menor de 4.5%, luego se realizó la operación de molienda y tamizado, para luego ser embolsados en bolsa de polietilenos de baja densidad, para su almacenamiento. Los rendimientos fueron para la harina de quinua germinada 85.1 % para la harina de kiwicha Germinada 86.4 % y para la harina de cañihua germinada 82.6%

Luego una vez obtenido se procedió a realizar los siguientes análisis:

Análisis proximal de las harinas germinada y no germinadas

El contenido de humedad, proteína, lípidos y cenizas se determinó de acuerdo con la AOAC (métodos 925.09, 992.15, 922.06, 923.03, respectivamente) (AOAC, 1992 y 2000), para evaluar las harinas germinadas y el producto terminado.

Análisis de las propiedades funcionales de las harinas

Para ello se evaluó capacidad antioxidante, y compuestos fenoles totales de las harinas germinadas para ello se calculó de la actividad antioxidante total (mMol ET/100 g muestra) y poli fenoles totales (mgAG/100g. muestra), para ambos, se realizó con la aplicación de los métodos DPPH y Folin-Ciocalteu respectivamente, haciendo uso de la técnica espectrofotométrica consistente en la medición de color. (Domínguez, 2020), para evaluar las harinas y el producto terminado

Análisis Reológico

Para evaluar la temperatura de gelatinización de las harinas germinadas, para ello se uso Mixolab estándar, protocolo “Chopin +”. Método AACC 54-60.01

Etapa 3 Elaboración de los queques

Para ello adapto la técnica de batido para la elaboración de los queques libre de gluten propuesto por León y Chóez (2021), donde se utilizó la formulación dada en la Tabla 1. Para elaborar los 20 tratamientos, para ello se pesó los ingredientes, se realizó el mezclado primero a primera velocidad para homogenizar los productos secos, luego se adiciono los huevos y el aceite se continuo con el mezclado para luego llenar en los moldes, se horneo a 130°C por un espacio de 35minutos, controlando que la temperatura interior llegue a 94°C (control de Temperatura). después se dejó enfriar hasta llegar a la temperatura ambiente el interior del queque utilizando un termómetro digital, posteriormente se embolso y se almaceno. Tal como se muestra el diagrama de flujo Figura 1.

Tabla 13.

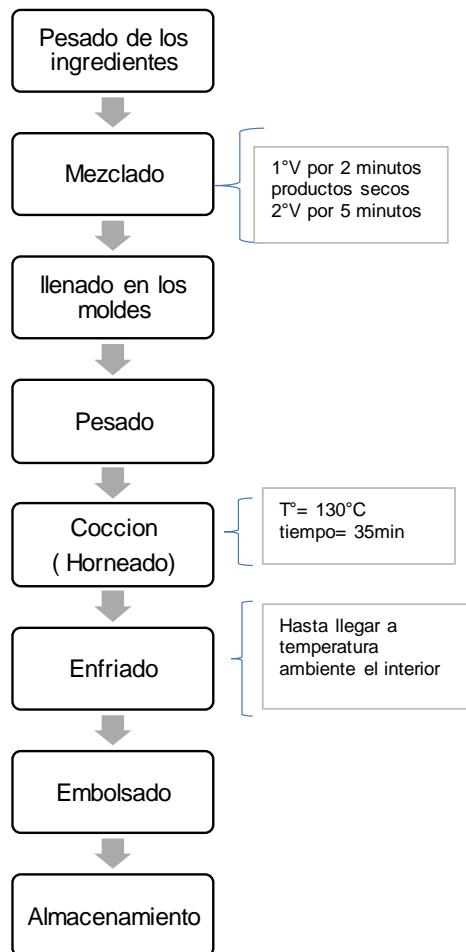
Formulación de queques de granos andinos germinados

Ingredientes	Porcentaje de panadero (En base al total de harina)
Harina de granos germinados (Quinua, kiwicha, cañihua)	100
Azúcar rubia	60
Huevos	60
Aceite vegetal	50
Polvo de hornear	3
Hidrocoloide (goma xantana)	2
Leche en fresca	10
Agua potable	60
Esencia de vainilla	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Diagrama de flujo de elaboración de queques



Análisis Sensorial de los queques

Para ello se utilizó la ficha sensorial conformada por una escala Se utilizó la escala hedónica estructurada de 7 puntos, y panelistas semi-entrenados conformados por 35 estudiantes de la carrera de ingeniería de alimentos de la Universidad Nacional del Callao. Que cursaron la asignatura de evaluación sensorial. donde las alternativas de respuestas serán de mayor a menor: "me gusta mucho", "me gusta poco", "me gusta moderadamente", "ni me gusta ni me disgusta", "me disgusta", "me disgusta moderadamente" "me disgusta mucho". quienes evaluaron los atributos sensoriales del queque de los 20 tratamientos, como el sabor, color, olor, textura Para la determinación de los niveles óptimos respecto

al análisis sensorial se empleó el método de la función deseada

Análisis de las propiedades funcionales de los queques

Para ello se evaluará su capacidad antioxidante, y compuestos fenoles totales de las tres formulaciones de queque con mayor deseabilidad para ello se calculó de la actividad antioxidante total (mMol ET/100 g muestra) y polifenoles totales (mgAG/100g. muestra), “para ambos, se realizó con la aplicación de los métodos DPPH y Folin-Ciocalteu respectivamente, haciendo uso de la técnica espectrofotométrica consistente en la medición de color . (Domínguez, 2020)”, para evaluar las harinas y el producto terminado

Análisis instrumental de textura

Se utilizó un analizado de textura mediante compresión uniaxial aplicando un porcentaje de rotura del 50%, 30% para comparar la textura del queque con sin gluten con harinas germinadas con una muestra patrón.(con harina de trigo 100%)

3.7. Técnicas de análisis de resultados

Los resultados fueron registrados y procesados mediante software de hoja de cálculo Microsoft Excel y para los cálculos y análisis estadístico se hizo uso del programa Design Expert v.13.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las harinas de los granos andinos

Se realizó un análisis proximal de las harinas de los granos andinos germinadas y sin germinar

Tabla 14

Análisis proximal de las Harinas Germinadas

Harinas	% Grasa	%Humedad	%Cenizas	%Proteínas
Quinua pasankalle Germinada	5.56%	4.41	2.75	15.92
Canihua illpa INIA Germinada	6.49%	5.51	2.65	18.13
Kiwicha centenario Germinada	5.96%	4.7	2.87	15.52

Tabla 15

Análisis proximal de las Harinas sin Germinadas

Harinas	% Grasa	%Humedad	%Cenizas	%Proteínas
Quinua pasankalle	4.14%	8.72	2.83	16.95
Canihua illpa INIA	6.36%	10.05	2.73	19.45
Kiwicha centenario	5.12%	5.68	2.64	16.01

Según los resultados Símpalo (2021). Los valores de la kiwicha germinada grasa (5.86%) menor, humedad (4.22%) menor ,cenizas (2.85%) menor, proteína (15.38%) es menor comparado con los resultados obtenidos de la kiwicha germinada, y con respecto a la kiwicha sin germinar tenemos la grasa (5.10%) es menor, humedad (5.79%) es mayor, cenizas (2.66%) es mayor, proteínas (16.05%) es mayor, con los resultados obtenido de la kiwicha sin germinar

Según los resultados Castillo (2021). Los valores de la cañihua germinada grasa (6.235) menor, humedad (5%) menor ,cenizas (2.68%) menor, proteína (19.11%) es mayor comparado con los resultados obtenidos de la cañihua germinada, y con respecto a la cañihua sin germinar tenemos la grasa (6.18%) es menor, humedad (10.01%) es menor ,cenizas (2.76%) es mayor, proteínas (20.61%) es mayor, con los resultados obtenido de la cañihua sin germinar

Según los resultados Castillo (2021). Los valores de la quinua germinada grasa (7.18%) mayor, humedad (4.52%) menor ,cenizas (2.29%) mayor, proteína (13.52%) es menor comparado con los resultados obtenidos de la cañihua germinada, y con respecto a la quinua sin germinar tenemos la grasa (5.21%) es mayor, humedad (8.88%) es mayor, cenizas (2.48%) es menor, proteínas (16.87%) es menor con los resultados obtenido de la quinua sin germinar

Según los resultados obtenido se puede observar que la quinua germinada en comparación a la quinua sin germinad, existe una disminución en los valores con respecto al contenido de humedad, cenizas y proteínas, ello debido al proceso de germinación que metaboliza el nutriente presente en los granos para su crecimiento fisiológico, en el caso del agua la semilla absorbe (imbibición), tal como lo menciona (Caputo et al, 2020)

También se realizó un análisis de la capacidad antioxidantes y polifenoles de las harinas germinada

Tabla 16.

Análisis de capacidad antioxidantes y polifenoles de las Harinas Germinadas

Harinas	DPPH		Polifenoles	
	uMol Trolox/100g	Desv	mg GAE/100g	Desv
				promedio
Quinua Germinada	1633.713	5.23	11.47	0.54
Cañihua Germinada	123.5468	10.64	34.91	2.59
Kiwicha Germinada	1145.379	25.97	61.86	5.43

En comparación a los granos sin germinada estudiados por diversos autores se demuestra que el proceso de germinación favorece el incremento de los valores de capacidad antioxidantes y compuestos polifenoles, ello se debe principalmente al proceso bioquímico intríscico(actividad enzimática) que ocurren durante la germinación

lo cual genera metabolitos secundarios y radicales libres tal como indica (Xue, et al, 2025).

En el caso de la quinua germinada tiene mayor contenido de capacidad antioxidante, ello es debido a que su fracción fibra insolubles es rico en taninos, mientras la fracción solubles es ricos en polifenoles Vargas et al (2019).

El efecto de la germinación de quinua y kiwicha incide en el contenido de fenólicos totales, betalaínas tal como lo menciona **Hinostroza (2020)**

A continuación, se mostrará los resultados de los análisis reológicos de las harinas germinada utilizando el Mixolab estándar.

En los resultados del mixolab se observar en la Figura 5, Figura 6 y Figura 7, que a los 30minutos alcanza su máximo valor siendo para la quinua de 86.1°C, para la kiwicha 85.8°C y para la cañihua 85.6°C de temperatura de gelatinización

Figura 5

Muestra 1 Harina de Quinua Germinada

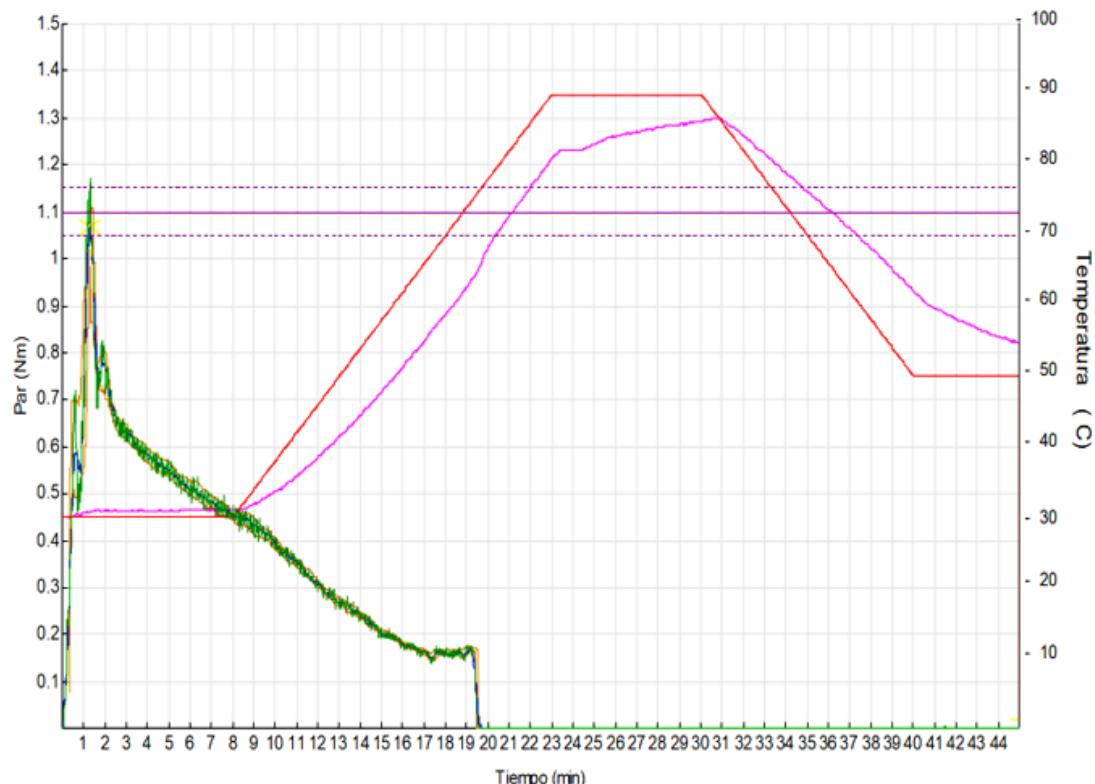


Figura 6

Muestra 2 Harina de Kiwicha Germinada

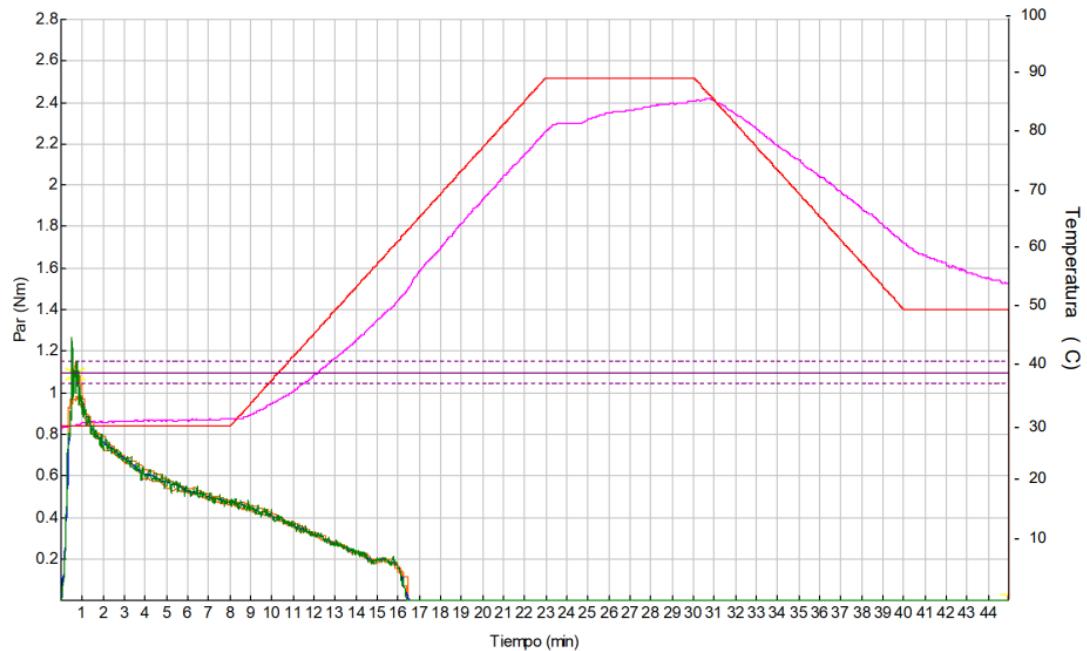
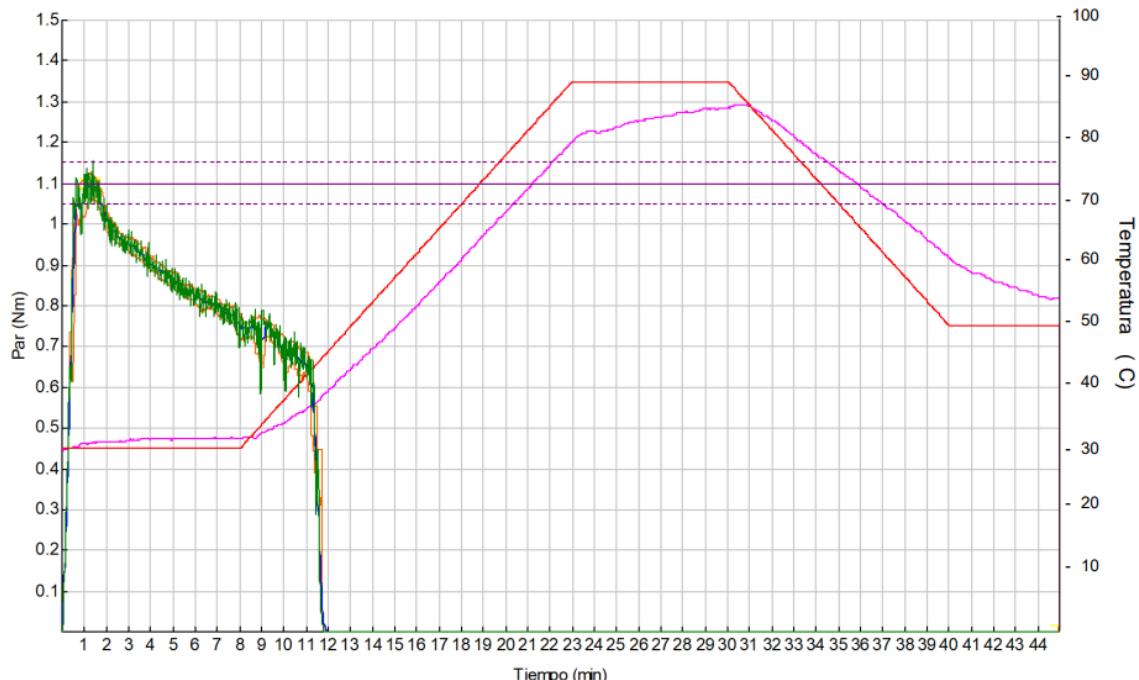


Figura 7

Muestra 3 Harina de Cañihua Germinada



Esos valores de temperaturas de gelatinización de los granos (quinua de 86.1°C, kiwicha 85.8°C y cañihua 85.6°C), su variación se deba posiblemente al contenido y tamaño de los granulos de almidón presente, según estudios realizado por Velásquez et al (2021) demostró que el almidón de kiwicha tiene una viscosidad menor (550 mPa s) que los

almidores de quinua (935,0–1015,0 mPa s) lo que también explicaría la diferencia de temperatura de gelatinización ya que a mayor viscosidad se necesita mayor contenido de calor para llegar a gelatinizar todo el granulo de almidón.

También hay que tener presente que la gelatinización es un fenómeno que ocurren durante la cocción donde las cadenas de amilosas cuyas estructuras son en forma helicoidal por lo que las morfologías de los granulo de almidón influirá en la temperatura final de gelatinización. Tal como se demuestra el estudio realizado por Carrión et al (2015) indican que esta transición estructural orden-desorden que sufren los gránulos de almidón en suspensión acuosa está siendo de interés de estudio por la comunidad científica, pese a ello el proceso de gelatinización no está completamente dilucidado a nivel molecular. Según sus resultados arrojaron que la temperatura final de gelatinización fue de 83°C para la Quinua, de 79°C para la Kiwicha y de 75.3°C para la cañihua, siendo muy similar en el orden a los datos obtenido del mixolab de Quinua de 86.1°C, kiwicha 85.8°C Cañihua 85.6°C de temperatura de gelatinización. Lo que demuestra que la quinua tiene mayor temperatura final para poder gelatinizarse con respecto a los demás granos.

A continuación, vamos a mostrar los resultados de la evaluacion de los atributos sensoriales de los 20tratamientos de queque con las harinas germinadas

Tabla 17.

Resultados de los análisis sensoriales de los queques

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Respuesta 1	Respuesta 2	Respuesta 3	Respuesta 4
Orden	A: HQG	B: HKG	C: HCG	Color	Sabor	Olor	Textura
1	40	20	20	4.65714	4.85714	4.11429	4.82857
2	35	15	25	4.88571	4.45714	3.82857	4.82857
3	30	20	20	4.17143	4.57143	3.08571	3.97143
4	26.591	15	25	4.05714	4.51429	2.85714	3.91429
5	43.409	15	25	5.17143	4.45714	3.51429	4.97143
6	35	15	16.591	5.28571	4.68571	3.68571	5.11429
7	40	10	20	5.05714	3.97143	3.97143	5.11429
8	40	20	30	6.05714	5.22857	4.14286	6.11429
9	30	20	30	4.05714	4.51429	2.85714	3.91429
10	35	15	25	4.57143	4.51429	3.05714	4.91429
11	30	10	30	4.37143	3.94286	3.42857	4.02857
12	40	10	30	5.62857	4.42857	3.65714	5.08571
13	30	10	20	3.91429	3.91429	3.74286	4.74286
14	35	6.59104	25	4.51429	4.62857	3.82857	4.02857
15	35	15	25	5.12857	4.62857	3.42857	4.88571
16	35	15	33.409	5.65714	5.42857	4.11429	5.91429
17	35	15	25	5.17143	5.11429	3.74286	5.25714
18	35	23.409	25	4.91429	4.28571	3.91429	4.91429
19	35	15	25	5.11429	4.45714	2.91429	3.85714
20	35	15	25	3.85714	4.17143	2.82857	3.82857

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos del análisis sensorial fueron evaluados mediante su anova y p valor

Tabla 18.

ANOVA para un modelo lineal

Respuesta 1: Color

Fuente	SC	gl	CM	F-valor	p-valor	
Modelo	4.01	3	1.34	6.47	0.0045	significativo
A-HQG	3.35	1	3.35	16.20	0.0010	
B-HKG	0.0304	1	0.0304	0.1471	0.7064	
C-HCG	0.6325	1	0.6325	3.06	0.0993	

El p valor 0.0045 nos indica que es significativo, lo que significa que al menos uno de los valores tiene efecto significativo en el color y que modelo es útil para explicarlo, si analizamos los demás p valor para cada factor A (Harina de Quinua germinada) tiene un efecto significativo en el color con respecto a los demás factores involucrados.

En la figura 8 se puede aprecia la superficie respuesta del atributo color

Figura 8.

Gráfico de superficie respuesta de Atributo color del queque

Factor Coding: Actual

3D Surface

Color

Design Points:

● Above Surface

○ Below Surface

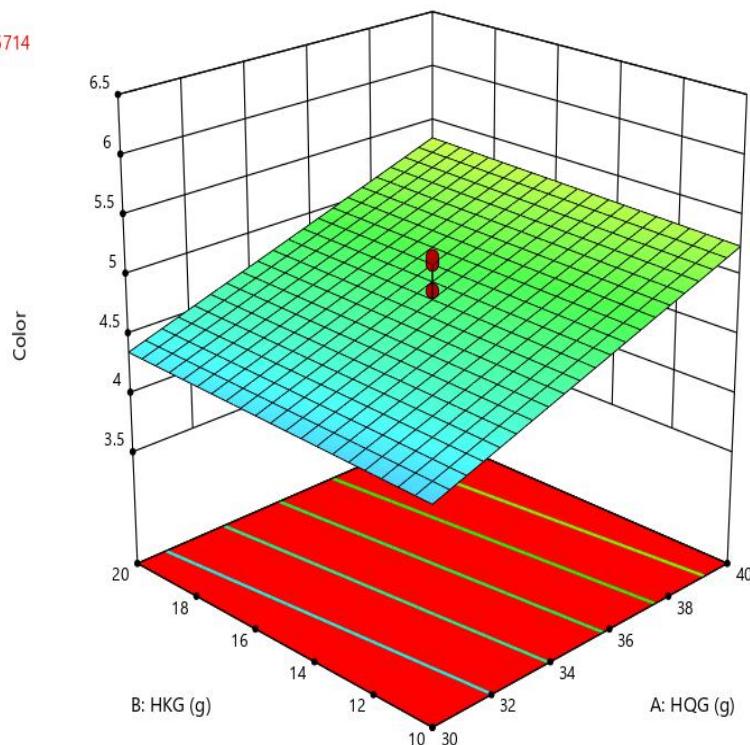
3.85714 6.05714

X1 = A

X2 = B

Actual Factor

C = 25



Siendo su ecuación del Color la siguiente.

$$4.81214 + 0.494968 * HQG + 0.0471665 * HKG + 0.2152 * HCG$$

De esta ecuación se puede observar que todos los coeficientes son positivos lo que implica que cualquier variación influirá positivamente en la respuesta color.

Siendo el coeficiente de la harina quinua germinada (HQG) el más influyente en el color con un valor de 0.49968, seguido de la Harina cañihua germinada (HCG) con un coeficiente de 0.2152 y al último tendríamos a la Harina de Kiwicha Germinada (HKG) con coeficiente de 0.0471665.

Tabla 19.

ANOVA para modelo Lineal

Respuesta 2: Sabor

Fuente	SC	gl	CM	F-valor	p-valor	
Modelo	0.8609	3	0.2870	2.11	0.1394	no significativo
A-HQG	0.1533	1	0.1533	1.13	0.3044	
B-HKG	0.4001	1	0.4001	2.94	0.1057	
C-HCG	0.3075	1	0.3075	2.26	0.1523	
Residual	2.18	16	0.1361			
Falta de ajuste	1.69	11	0.1538	1.58	0.3203	no significativo
Error puro	0.4861	5	0.0972			
Cor Total	3.04	19				

Según el análisis de varianza demuestra que ningún factor tiene un efecto significativo de la variable respuesta Sabor y mediante la prueba de falta de ajuste (0.3203) que salió no significativo se puede demostrar que a pesar que el modelo lineal salió no significativo, el modelo lineal es apropiado para describir la relación de los factores.

Figura 9.

Gráfico de superficie respuesta de Atributo Sabor del queque

Factor Coding: Actual

3D Surface

Sabor

Design Points:

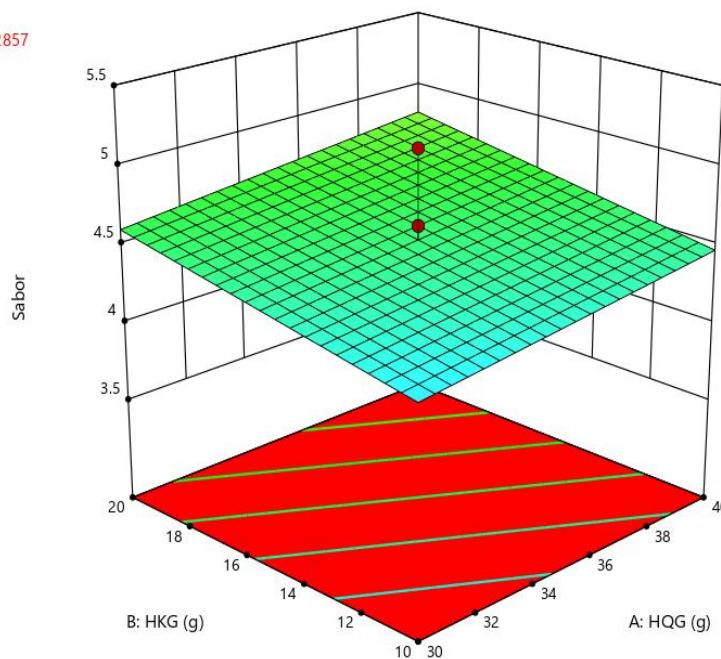
- Above Surface
 - Below Surface
- 3.91429 5.42857

X1 = A

X2 = B

Actual Factor

C = 25



Formula del Sabor

$$4.53857 + 0.105936 * \text{HQG} + 0.171172 * \text{HKG} + 0.150059 * \text{HCG}$$

De esta ecuación se puede observar que todos los coeficientes son positivos lo que implica que cualquier variación influirá positivamente en la respuesta Sabor.

Siendo el coeficiente de la harina Kiwicha germinada (HKG) el más influente con un valor de 0.172272, seguido de la Harina cañihua germinada (HCG) con un coeficiente de 0.150059 y al último tendríamos a la Harina de quinua Germinada (HKG) con coeficiente son 0.105936.

Aunque cabe recalcar que la modelo lineal salió 0.1394 no significativo por lo que esta ecuación sería demasiado débil para ser concluyente

Tabla 20.

ANOVA para modelo Cuadrático

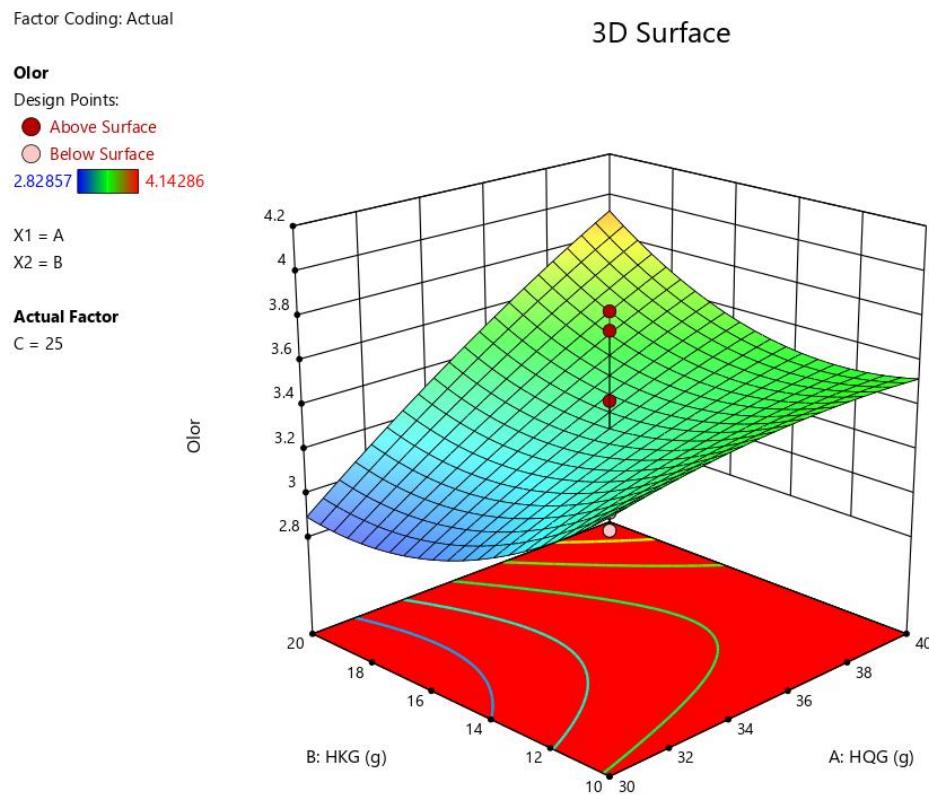
Response 3: Olor

Fuente	SC	gl	CM	F-valor	p-valor
Modelo	2.70	9	0.3005	2.46	0.0890 no significativo
A-HQG	1.10	1	1.10	8.99	0.0134
B-HKG	0.0152	1	0.0152	0.1243	0.7317
C-HCG	0.0009	1	0.0009	0.0070	0.9352
AB	0.4311	1	0.4311	3.52	0.0900
AC	0.0083	1	0.0083	0.0675	0.8002
BC	0.0230	1	0.0230	0.1876	0.6741
A²	0.0370	1	0.0370	0.3026	0.5943
B²	0.5298	1	0.5298	4.33	0.0641
C²	0.5871	1	0.5871	4.80	0.0533
Residual	1.22	10	0.1224		
Falta de ajuste	0.3017	5	0.0603	0.3272	0.8772 No significativo
Pure Error	0.9220	5	0.1844		
Cor Total	3.93	19			

Según el análisis de varianza indica que solo un factor (Harina de Quinua Germinada valor 0.0134) tiene un efecto significativo sobre la variable respuesta Olor, y la prueba de falta de ajuste (0.8772) salió no significativo lo que demuestra que a pesar que el modelo cuadrático salió no significativo (0.0890), el modelo es apropiado para describir la relación de los factores

Figura 10.

Gráfico de superficie respuesta de Atributo Olor del queque



Formula de olor

$$3.30157 + 0.283858 * A + -0.0333786 * B + -0.0078937 * C + 0.232143 * AB + 0.0321429 * AC + 0.0535714 * BC + -0.0506949 * A^2 + 0.191742 * B^2 + 0.201843 * C^2$$

Siendo A=HQG, B=HKG, C=HCG

De la ecuación se puede indicar que la harina de quinua germinada es el factor más influyente en la respuesta Olor , y a la interacción de los valores de la Harina de quinua germinada se asocia con el incremento de la harina kiwicha germinada. No existe significación ya que los valores de los términos cuadráticos demuestran que es necesario la curvatura para encontrar los niveles óptimos

Tabla 21.

ANOVA para un modelo Cuadrático

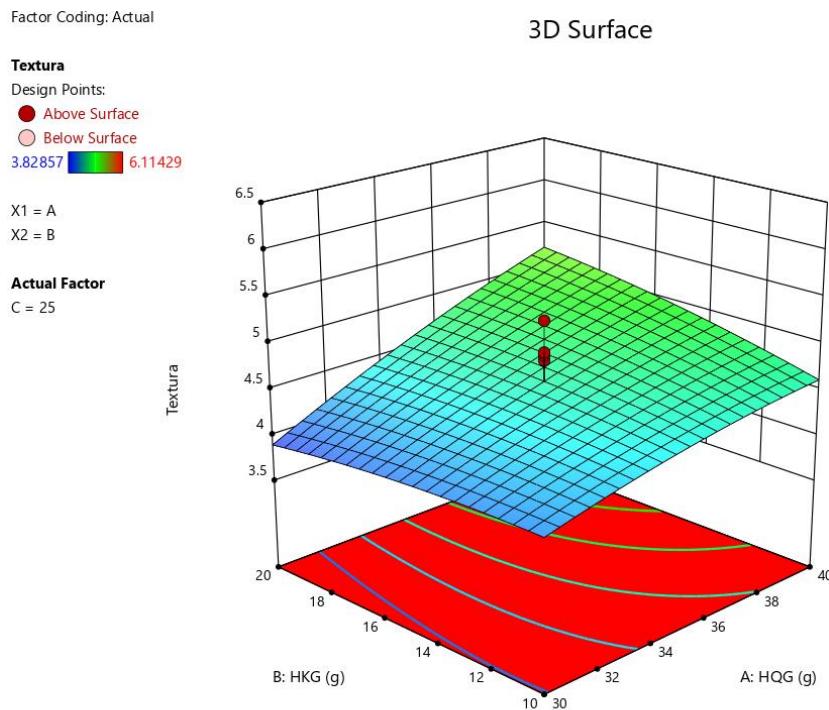
Response 4: Textura

Fuente	SC	gl	CM	F-valor	p-valor	
Modelo	6.18	9	0.6871	2.79	0.0628	no significativo
A-HQG	2.87	1	2.87	11.66	0.0066	
B-HKG	0.1328	1	0.1328	0.5392	0.4796	
C-HCG	0.2455	1	0.2455	0.9969	0.3416	
AB	0.3315	1	0.3315	1.35	0.2729	
AC	0.5144	1	0.5144	2.09	0.1790	
BC	0.4858	1	0.4858	1.97	0.1905	
A²	0.0799	1	0.0799	0.3244	0.5816	
B²	0.0597	1	0.0597	0.2423	0.6332	
C²	1.33	1	1.33	5.42	0.0422	
Residual	2.46	10	0.2463			
Falta de ajuste	0.6515	5	0.1303	0.3597	0.8569	no significativo
Pure Error	1.81	5	0.3623			
Cor Total	8.65	19				

Según el análisis de varianza nos indica que solo un factor (Harina de Quinua Germinada valor 0.0066) tiene un efecto significativo sobre la variable respuesta Olor, y la prueba de falta de ajuste (0.8569) salió no significativo lo que demuestra que a pesar que el modelo salió no significativo (0.0628), el modelo cuadrático es apropiado para describir la relación de los factores

Figura 11

Gráfico de superficie respuesta de Atributo Textura del queque



Formula Textura

$$4.59839 + 0.458642 * A + 0.0986121 * B + 0.134083 * C + 0.203571 * AB + 0.253571 * AC + 0.246429 * BC + -0.0744544 * A^2 + -0.0643529 * B^2 + 0.304353 * C^2$$

Siendo A=HQG, B=HKG, C=HCG

De la ecuación nos indica que la harina de quinua germinada es el factor más influyente en la respuesta textura (p valor 0.0066), y a la interacción de los valores de cómo no son significativo, Aunque cabe recalcar que la modelo salió 0.1394 no significativo por lo que esta ecuación sería demasiado débil para ser concluyente

Optimización en función de máxima deseabilidad

Se basó en los criterios establecido por el software Design Expert 13.0. Este método presenta varias soluciones que se muestran en la Tabla 22. De donde la mejor formulacion es aquella que presenta un valor de la función de deseabilidad cercano a 1. En este caso la mejor formulacion fue F4, con un valor de deseabilidad de 0,857, con 40g de Harina quinua germinada, 20 g Harina Kiwicha germinada y 30 g Harina cañihua germinada que optimizan las características sensoriales del queque funcional

Tabla 22.

Soluciones de optimización del queque

Muestra	HQG	HKG	HCG	Color	Sabor	Olor	Textura	Deseabilidad	Optimo
F4	40	20	30	5.569	4.966	4.205	6.159	0.857	Seleccionado
F17	40	10	30	5.472	4.623	3.700	5.059	0.592	
F11	40	20	20	5.127	4.663	4.040	4.884	0.590	

Con respecto a los resultados de la Tabla 22, de la optimización se puede ver que la formulacion con mayor deseabilidad fue la formulacion 4 con un valor de 0.857 seguida de la formulacion 17 con un valor de 0.592 y de la formulacion 11 con un valor de 0.590 esa dos ultima muy cercana.

A continuación, se detalla los resultados del análisis proximal y capacidad antioxidantes y compuestos fenólicos de los queques con mayor deseabilidad sensorial

Tabla 23.

Análisis proximal de los queques funcionales con harinas germinadas

Queque con harinas germinadas	Grasas%	%Humedad	% Cenizas	%Proteínas
F4 40HQG/20HKG/30HCG	22.47	21.1	5.35	11.98
F17 40HQG/10HKG/30/30HCG	24.80	23.3	2.21	12.26
F11 40HQG/20HKG/20HCG	24.14	23.6	2.34	12.67

Tabla 24.

Análisis de capacidad antioxidantes y polifenoles de los queques con harinas germinadas

Queque con harina germinada	uMol Trolox/mg promedio	DPPH		Polifenoles
		Desv	mg GAE/100g	
F4	431.32	20.88	26.83	0.91
F17	499.30	21.26	29.88	2.03
F11	575.54	10.25	23.35	0.38

Los resultados del análisis de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los queques con mayor deseabilidad sensorial muestran valores para la formulación con mayor deseabilidad F4 menor con respecto a la formulación F11, seguida de la formulación F17. Esto debido a que varía la proporción dentro de la formulación los contenidos de las harinas, igual sucede con el contenido polifenoles por la misma razón.

Ello demuestra su gran aporte funcional del queque, cuyos ingredientes en especial la quinua puede ser utilizado en dietas terapéuticas según menciona Villagrán et al (2022), que demostró que disminuye la hemoglobina glicosilada.

Los alimentos funcionales están siendo importante para poder prevenir enfermedades como el cáncer por lo cual su consumo está en tendencia, tal como lo menciona ,Martínez et al (2021) y Quintero y Guevara (2021)

Por ello el queque funcional es una alternativa a la demanda para un mercado saludable tal como lo menciona Hurtado (2022), quien señala que la demanda de productos libre de gluten está en crecimiento acelerado.

Los polifenoles presentes en el queque funcional pueden prevenir enfermedades cardíacas debido a su contenido de flavonoides como lo indica Vargas et al (2019),

Los ingredientes utilizados en el queque funcional son considerados como “ingredientes funcionales” por lo que son una buena alternativa de consumo masivo tal como lo indica. Guardianelli (2022)

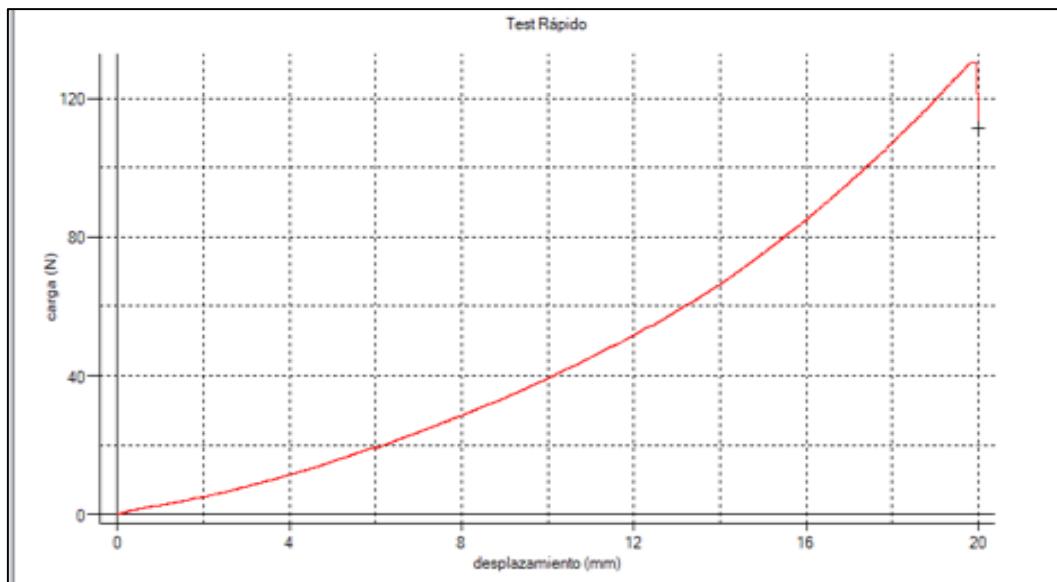
Todo nos demuestra el gran valor que tiene el queque funcional desarrollado.

También se realizó un análisis instrumental de textura de compresión uniaxial al queque con mayor deseabilidad comparándolo con una muestra patrón (a base de harina de trigo 100%)

Para lo cual se consideró para el primer ensayo una velocidad de 120mm/min, porcentaje de rotura de 30%, y se solicitó un gráfico de carga (N) versus desplazamiento (mm)

Figura 12.

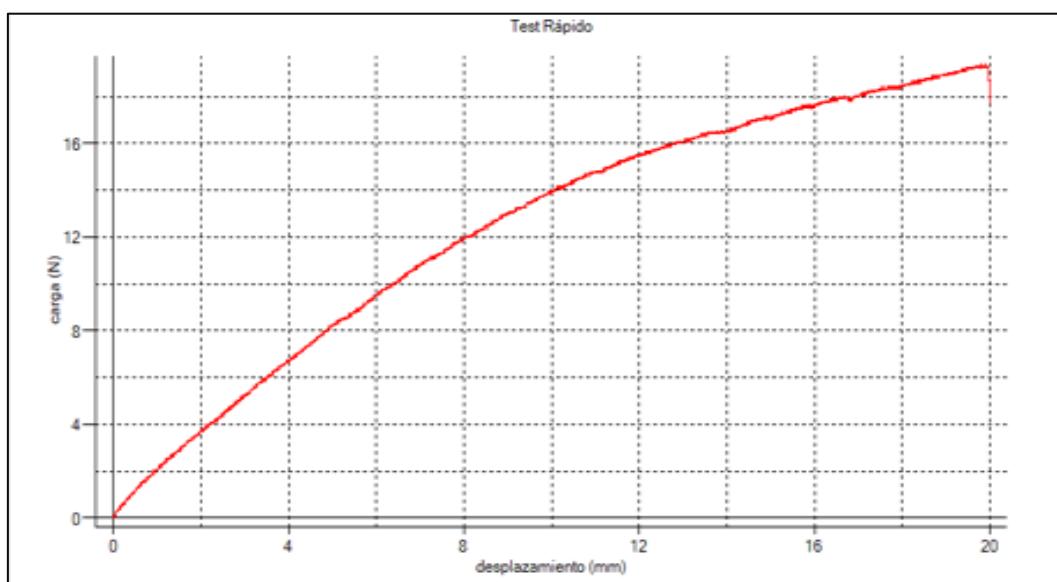
Ensayo de Carga vs desplazamiento de queque con granos andinos



Donde se observa que llega a un pico máximo de 130.65N con un desplazamiento de 19.86mm

Figura 13.

Ensayo de Carga vs desplazamiento de queque con harina de trigo 100%



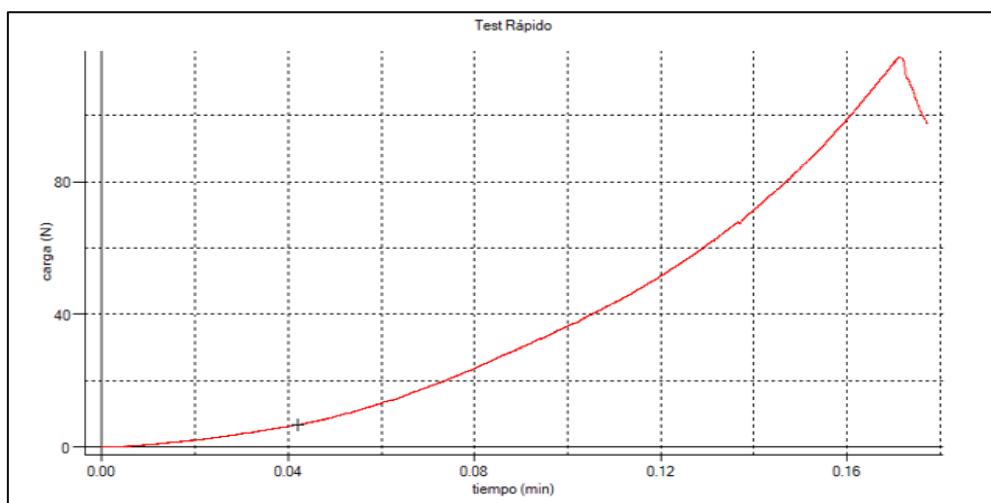
Donde se puede observar que llega a un pico máximo de 19.39N con un desplazamiento de 19.81mm

De las Figura 12 y Figura 13 se observa que el queque con granos andinos su pico máximo es de 130.65N en cambio el queque con harina de trigo su 19.39N, ello nos indica la dureza que tiene ambos productos, siendo el queque con granos andino de mayor dureza y resistente a la compresión ello se puede percibirse como más denso, menos aireado en comparación de la muestra patrón, esa dureza podría deberse a la composición de las harinas de granos andinos que tienen mayor contenido de proteínas, al uso del hidrocoloide, falta de mayor hidratación lo que influyó en la textura final, con respecto al desplazamiento se puede observar que el queque con harina de granos andinos es 19.86mm mayor que el queque patrón que llegó a 19.81mm (considerando un 50% de rotura), ante que se facture por lo que nos indica su resistencia menor. Y la forma de la curva también nos refleja la alta dureza si la curva tiene pico alto ascendente como la harina de granos andinos o baja dureza si el pico es descendente como de la harina de trigo. Todo ello demuestra la importancia de la red de gluten en la estructura del queque tal como menciona (Chorques, 2018). En el caso del queque con granos andinos, al carecer de gluten depende de otros aditivos para poder formar una red resistente que permita retener el gas originado del polvo de hornear.

Para lo cual se consideró para el segundo ensayo una velocidad de 120mm/min, porcentaje de rotura de 30%, y se solicitó un gráfico de carga versus tiempo.

Figura 14.

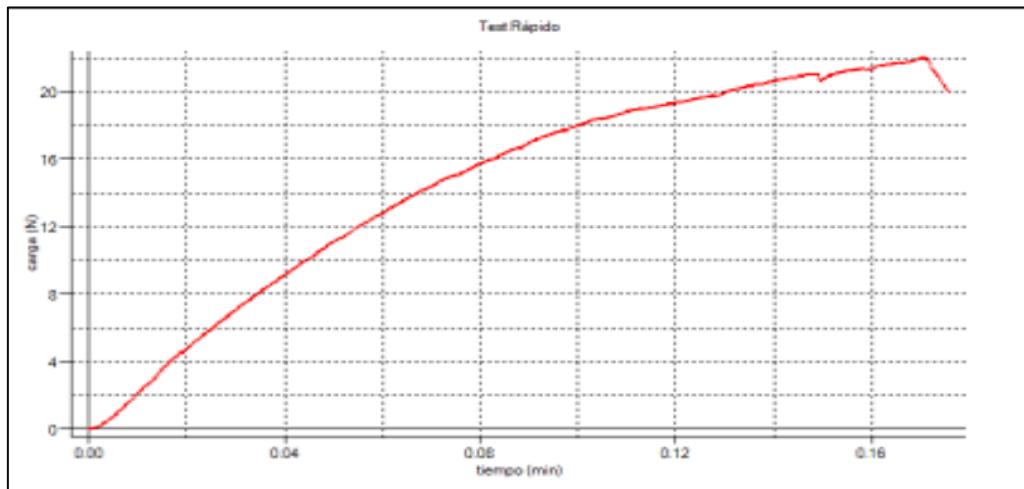
Ensayo de Carga vs tiempo de queque con granos andinos



Donde se observa que llega a un pico máximo de 117.33N con un desplazamiento de 19.88mm

Figura 15.

Ensayo de Carga vs tiempo de queque con harina de trigo 100%



Donde se observa que llega a un pico máximo de 20.01N con un desplazamiento de 19.75mm

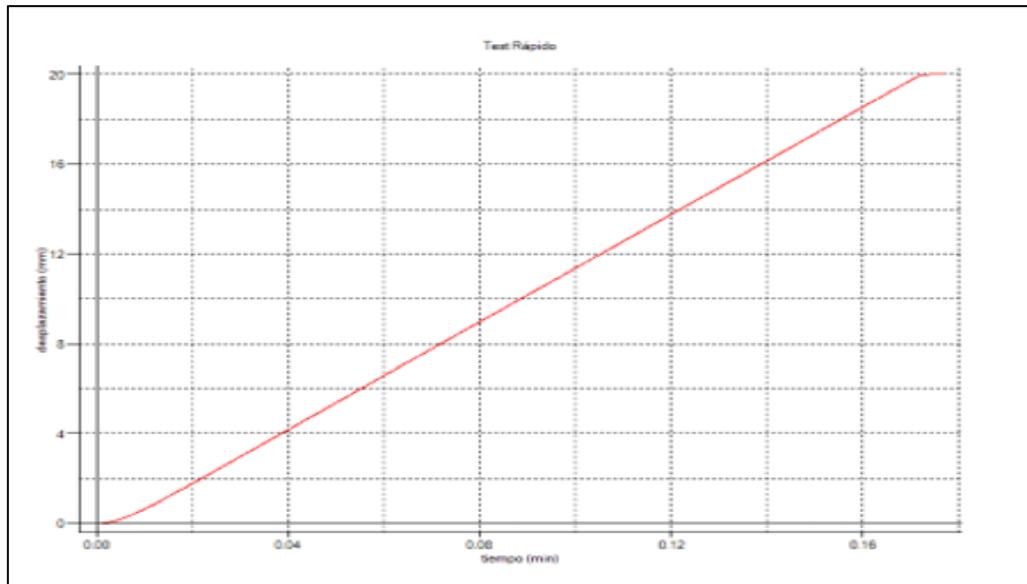
En ese segundo ensayo se puede corroborar el primer ensayo realizado, donde se puede apreciar la Figura 14 y Figura 15, que el queque con granos andinos tiene mayor dureza con respecto al queque con harina de trigo con un pico 117.33N y 20.01N respectivamente, igualmente el desplazamiento nos indica que tiene mayor resistencia a la factura con un desplazamiento de 19.88mm en comparación al queque patrón con 19.75mm considerando ahora un 30% de rotura. a un mismo tiempo de desplazamiento de 0.17min según la graficas obtenidas

Para lo cual se consideró para el tercer ensayo una velocidad de 120mm/min, porcentaje de rotura de 50%, y se solicitó un gráfico de desplazamiento vs tiempo. Donde se puede aprecia de la Figura 16 y Figura 17, que el queque con granos andinos tiene una dureza de 166.29N mayor que el queque con harina de trigo 19.47N, pero la gráfica en línea recta nos indica una proporcionalidad entre el desplazamiento y el tiempo que alcanza para llegar a la factura del mismo

Donde se puede apreciar en la figura 16 Donde se observa que llega a un pico máximo de 166.29N con un desplazamiento de 19.83mm final

Figura 16.

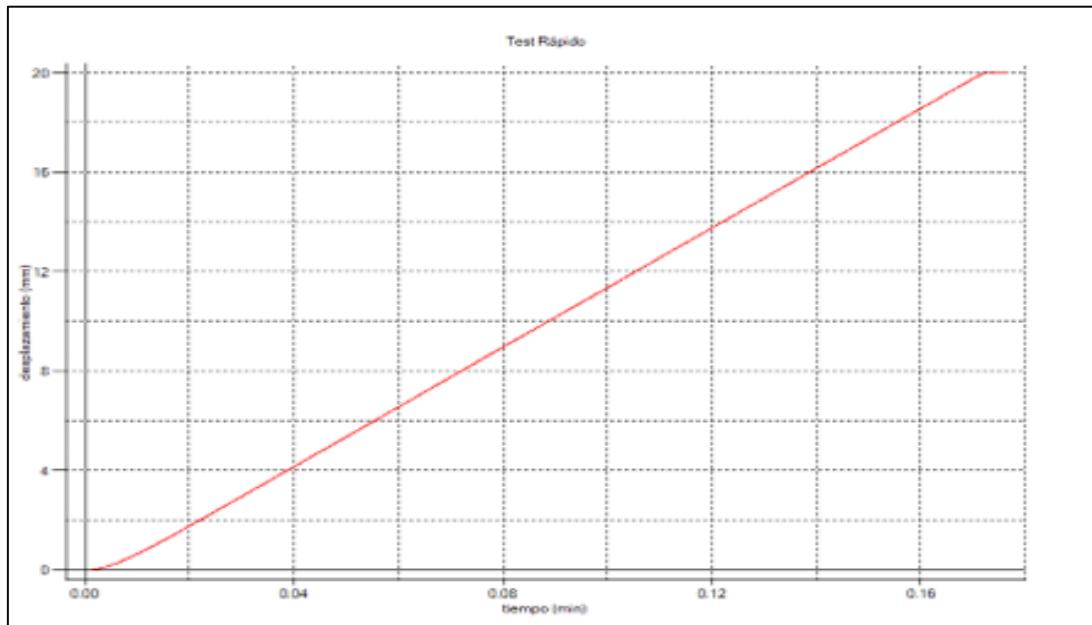
Gráfico Desplazamiento vs tiempo queque con granos andinos



En cambio la figura 17. Llega a un pico máximo de 19.47N con un desplazamiento de 19.83mm

Figura 17.

Gráfico Desplazamiento vs tiempo queque con harina de trigo 100%



Finalmente el análisis textural por compresión uniaxial, nos demuestra que la textura es mucho mayor que en el queque con harina germinadas que respecto al queque con harina de trigo 100%, ya que esta último es más alveolada, lo que contiene más aire en su interior debido a la presencia del gluten que retiene las burbujas lo que se hacen menor resistencia a la compresión.

También hay que considerar las diferentes proporciones de amilosa y amilopectina en los granos andinos con respecto al grano de trigo. Ya que ello también repercutiría en la retrogradación del almidón influyendo en la dureza luego del enfriamiento de queque, además del contenido alto de proteína que posee los granos andinos también influiría en la dureza.

Los valores alto necesario de fuerza (N) para poder comprimir el queque funcional debido también a la goma xantana presenten en el queque sin gluten lo que incrementa la resistencia debida posiblemente a mayor necesidad de absorción de agua en la formulacion por lo que lo hace menor elasticidad. Según Vidaurre (2020) en su investigación de panes libre de gluten con harina de granos andinos de quinua, kiwicha y tarwi, además del uso de goma de tara y goma xantana pudo observar que las mezclas evaluadas necesitaban más contenido de agua para formarse.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se concluye que la germinación de los granos se incrementa su valor funcional debido al desarrollo fisiológico de crecimiento lo cual metaboliza sus nutrientes convirtiéndolo en compuestos activos, siendo la quinua la que contiene los valores más altos
- Se concluye del análisis de las temperaturas de gelatinización es relacionada con la viscosidad de los gránulos de almidón de las harinas germinada cuyos valores son para la harina germinada de quinua de 86.1°C, de kiwicha 85.8°C y de cañihua 85.6°C),
- Se concluye del análisis sensorial que la formulacion 4 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 20 g Kiwicha y 30 g cañihua obtiene el máximo valor de deseabilidad (0,857),
Siendo la Harina de quinua germinada el más influyente en el color, olor y textura del queque y la harina de kiwicha germinada en el sabor.
- Se concluye del análisis proximal que la formulacion 11 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 20 g Kiwicha y 20 g cañihua obtiene el máximo valor de proteína (12.67%),
- Se concluye del análisis proximal que la formulacion 17 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 10 g Kiwicha y 30 g cañihua obtiene el máximo valor de grasa (24.8%).
- Se concluye del análisis capacidad antioxidante que la formulacion 11 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 20 g Kiwicha y 20 g cañihua obtiene el máximo valor de DDPH (575.54 uMol Trolox/mg)
- Se concluye del análisis polifenoles que la formulacion 17 con la proporción de Harina germinada con 40g quinua, 10 g Kiwicha y 30 g cañihua obtiene el máximo valor de polifenoles (29.88 mg GAE/100g).
- Se concluye en base a los análisis de textura instrumental se concluye del análisis de compresión, que el queque con grano andinos germinado tiene una textura más firme en comparación a un queque de harina de trigo.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar la harina germinada en diversos productos donde se pueda incluir sin afectar las características del producto, tales como bebidas proteicas, postres donde se sustituya la harina de trigo para aumentar el valor nutricional y funcional, además que permita revalorar los granos andinos para su consumo.
- Se recomienda complementar estudios a nivel bioquímico in vitro para conocer los metabolitos intermedios que favorecen el incremento de los valores de las capacidades antioxidantes de los granos germinados estudiados
- Se recomienda continuar con el desarrollo tecnológico, utilizando otros métodos de elaboración para perfeccionar el producto final, como realizar el batido de los huevos en 2 partes, o el uso de ingredientes tales como margarina para mejorar la textura.
- Se recomienda utilizar combinar con otros tipo de hidrocoloides y evaluar su nivel de absorción de agua para mejorar la textura.
- Se recomienda utilizar ingrediente que pueda aportar sabor y aroma al producto para mejorar su aceptabilidad como cacao, frutos secos, en el queque.
- Se recomienda complementar el desarrollo con ensayos sensoriales con paneles entrenados y consumidores para evaluar la aceptabilidad del producto para su comercialización en el mercado.
- Se recomienda realizar prueba de preferencia de mercado a nivel piloto del queque con harina germinada para conocer el grado de preferencia del mercado nacional.
- Se recomienda realizar estudio de vida en anaquel del queque elaborado a tiempo real para evaluar su comercialización a gran escala.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abderrahim, F., Huanatico, E., Repo-Carrasco-Valencia, R., Arribas, M., Gonzales, C. y Condezo-Hoyos, L. (2012). Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidate stress markers in cañihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Journal of Cereal Science*. 56: 410-417.
- AOAC (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th edition.
- AOAC. (1992). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th edition, 74.
- Angiolini, A. (2013). Los hidrocoloides, aditivos de alta funcionalidad. Tecnifood. La revista de la tecnología alimentaria, 97-99.
- Casanave Zevallos, M.C y Ruiz Chocan, R.A (2022). Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua. [Tesis de Maestría, Universidad Femenina del Sagrado Corazón]. Recuperado de: <https://repositorio.unife.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.11955/964/Casanave%20Zevallos%2c%20MDC%3b%20Ruiz%20%20Chocano%2c%20RA2022%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campos Rodríguez, Y., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v13n3/2077-9917-agro-13-03-209.pdf>
- Cajavilca Veramendi, V. (2022). Calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de galletas a base de granos andinos. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/18123/Cajavilca_vv.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Carrión, V. R., Rengifo, A. T., & Prado, J. D. (2015). Determinación experimental mediante DSC de las estabilidades térmicas y las capacidades caloríficas: quinua, kiwicha y cañihua. *Cátedra Villarreal*, 3(1), 37-50.
- Collazos, C., Alvisur, E., Vasquez, J., Herrera, N., Robles, N., Arias, M., & Roca, A. (1996). Tablas peruanas de composición de alimentos. 7ma. Edición. Instituto Nacional de Salud, Lima (Peru); Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Lima (Peru).
- Caputo Suarez, C.P., Codó P.C., Peton A (2020). Fundamentos de Bioquímica Aplicada a las Ciencias Agropecuarias y Ambientales Editorial Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía.

Chorques Paya, A. (2018). *Diseño y caracterización de un bizcocho con elevado contenido en proteínas de origen vegetal de alto valor biológico* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).<https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/99f89cf5-cbca-4104-bd23-6ee5291b4ede/content>

Castillo-Martínez, W. E. (2021). Desarrollo de productos de panificación saludables con alto contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante a partir de harina de Quinua (*Chenopodium quinoa*) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinado.<https://digital.csic.es/bitstream/10261/268918/1/desarrogermino.pdf>

Chambi Rodríguez, F. A. (2019). Elaboración de cup-cakes con sustitución parcial de harina de trigo con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y sustitución de grasa por gomas de linaza (*Linum usitatissimum*) y chía (*Salvia hispánica*).
http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/2941/Fredy_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Diez Boggio, Y. (2021). Efecto del germinado sobre la capacidad antioxidante de la quinua roja y quinua blanca (*Chenopodium Quinoa Willd*).<https://repositorio.ulcb.edu.pe/bitstream/handle/ULCB/1187/TESIS%20%20DIEZ%20BOGGIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Domínguez Castañeda, Jorge Marino (2020) Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de hidrocoloides de hojas de “Malva sylvestris” [Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Santa]. Disponible en <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3553>

Elli, L., Villalta, D., Roncoroni, L., Barisani, D., Ferrero, S., Pellegrini, N., Bardella, M. T., Valiante, F., Tomba, C., Carroccio, A., Bellini, M., Soncini, M., Cannizzaro, R., & Leandro, G. (2017). Nomenclature and diagnosis of gluten-related disorders: A position statement by the Italian Association of Hospital Gastroenterologists and Endoscopists (AIGO). *Digestive and Liver Disease*, 49(2), 138-146.
<https://doi.org/10.1016/j.dld.2016.10.016>

Chamorro Gómez, R., Repo Carrasco, R., Ccapa Ramírez, K., & Quispe Jacobo, F. (2018). Composición química y compuestos bioactivos de treinta accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(3), 362-374.

- Chura JM. (2019). Evaluación de la calidad física y fisiológica de las semillas de tres variedades y tres ecotipos de cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) en Puno. [Puno]: Universidad Nacional del Altiplano.
- Felices, E. J. A., & Viacava, M. R. (2018). Actividad antioxidante del germinado de la semilla de cuatro variedades de *Amaranthus Caudatus* L." Kiwicha". *Investigación*, 26(2), 99-104. Disponible en: <http://revistas.unsch.edu.pe/index.php/investigacion/article/view/89/83>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2002). Nutrition Paper No. 77. Report of a technical workshop, Rome, 3-6 December.
- Ferrer Alceves, L. R., Huasasquiche Chacaltana, L., López Chuna, K. N., Peralta Lopez, S. K., & Ramirez Flores, A. L. (2018). Queque libre de Gluten. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e00a22d2-1044-46bf-914a-60b78b87339e/content>
- Flores, R. V. (2017). Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. *Ingeniería industrial*, (35), 183-194. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337453922009.pdf>
- Guardianelli, L. M. (2022). *Mejora nutricional de harinas de amaranto y quinoa* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/135132>
- Govea, M., Zugasti, A., Silva, S., Valdivia, B., Rodríguez, Raul., Aguilar, C., Morlett, J. (2013). Actividad Anticancerígena del Ácido Gálico en modelos Biológicos in vitro. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. Vol. 5, No 9. pp. 5-11.
- Gade DW. (1970). Ethnobotany of cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), rustic seed crop of the Altiplano. *Econ Bot.* 1970;24(1):55–61
- Guardado Sánchez, F. (2020) Efecto de diferentes sustitutos de huevo, la aplicación de aireación, la adición de lecitina y el almacenamiento sobre las características físicas y sensoriales de un queque libre de huevo. Recuperado de <http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/80501/Fani%20Guardado%20Tesis%20Maestr%c3%ada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hurtado Díaz, K. D. (2022). *Evaluación de las características nutricionales de productos de panadería y repostería libres de gluten en la ciudad de Medellín* (Doctoral dissertation, Unilasallista Corporación Universitaria). <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/3324/1/1039467283.pdf>

Hinostroza Córdova, M. B. (2020). Efecto de la germinación de quinua y kiwicha en el contenido de fenólicos totales, betalainas, vitamina C y actividad antioxidante.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7023>

Huamanchumo, W. (2020). Pseudocereales andinos: valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten. Recuperado de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/151184/Huamanchumo%20-%20Pseudocereales%20andinos%3a%20valor%20nutritivo%20y%20aplicaciones%20para%20alimentos%20libres%20de%20glu....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kuskoski, M., Asuero, A., Torncoso, Ana., Mancini-Filho y Fett, R. (2009). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(4). pp. 726-732.
<https://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf>

Luna Maldonado, M. E. (2021). Aplicaciones de la harina de quinua en la industria de la panificación. Recuperado de

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15544/1/27T00497.pdf>

León Gómez, S. N., & Chóez Merchán, D. M. (2021). Elaboración de premezcla libre de gluten para usos reposteros a base de quinua (*Chenopodium quinua*), avena (avena sativa) y amaranto (*amaranthus*). Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/54118/1/BINGQ-GS-21P01.pdf>

Luna Mercado, G. I. (2021). Uso de masa fermentada en la elaboración de pan de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) sin gluten. Recuperado de
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4926/datos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lamos, D. A., Díaz, L. N. M., Sánchez, M. A. V., & Girón, J. M. (2018). Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria. *Tecnura*, 22(57), 55-68. Disponible en:
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/12178/14233>

León Gómez, S. N., & Chóez Merchán, D. M. (2021). Elaboración de premezcla libre de gluten para usos reposteros a base de quinua (*Chenopodium quinua*), avena (avena sativa) y amaranto (*amaranthus*). Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/54118/1/BINGQ-GS-21P01.pdf>

Llumiquinga Chuqui, N. A. (2022). *Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en

Alimentos).<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34932/1/AL%20823.pdf>

Martínez Álvarez, Ó., Iriondo DeHond, A., Gómez Estaca, J., & Castillo, M. (2021). Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario.<https://digital.csic.es/bitstream/10261/253463/1/nuevatendealimen.pdf>

Mamani Adco, Y. (2021). Efectos de los métodos de perlado sobre las características microbiológicas, nutricionales y funcionales de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en variedad Ramis. Disponible en: <http://repositorio.unaj.edu.pe/handle/UNAJ/182>

Mujica A, Izquierdo J, Marathee J.P. (2001). Quinua ancestral. Cultivo de los Andes. In: Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. p. 1–19.

Pakbaz, N., Omidi, H., Naghdi Badi, H., & Bostani, A. (2021). Botanical, phytochemical and pharmacological properties of quinoa medicinal plant (*Chenopodium quinoa* Willd.): A review. *Journal of Medicinal Herbs*, 12(4), 1-11. Disponible en https://jhd.shahrekord.iau.ir/article_687323_cbaae1e7df110f8d06dc5e2e741e1f50.pdf

Peña Abregú, A.A. (2020). Influencia de la germinación sobre los azúcares reductores en Quinua y su efecto en los atributos tecnológicos del pan. Disponible en : <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4426/pe%c3%b3b1a-abregu-ashley-arlett.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez A. (2010). Cultivo de kiwicha en la sierra central. Huancayo-Perú.

Paucar-Menacho, L., Martínez-Villaluenga, C., Dueñas, M., Frias, J. y Peñas, E. (2018). Response surface optimisation of germination conditions to improve the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity in quinoa. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(2), 516-524

Paucar-Menacho, L. M., Peñas, E., Dueñas, M., Frias, J. y Martinez-Villaluenga, C. (2017). Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 245-252.

Sotomayor Terrones, W. N. (2019). Caracterización de magdalenas de cacao y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) usando la prueba sensorial Check-All-That-Apply (CATA) y el método Taguchi.https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2106/Wendy_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Símpalo López, W.D (2021). Desarrollo de productos de panificación saludables con alto contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante a partir de harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinados.<https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4100/52574.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quintero Velásquez, N. D., & Guevara Peña, L. E. La quinua, sus compuestos bioactivos, propiedades funcionales en el diseño y desarrollo de productos. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42588/ndquinterov.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Silpu, J. W. E., Plata, C. R., Salcedo, R. P., & Silvera, C. Y. (2021). Caracterización Fisicoquímica de Pan con Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Quinua (*chenopodium quinoa willd*) y Kiwicha (*amaranthus caudatus l.*) Germinadas. SENDAS, 2(2), 69-83. Disponible en: <https://revistas.infoc.edu.pe/index.php/sendas/article/view/64/157>

Silva Lizárraga, R. R. (2021). Desarrollo de galletas libres de gluten evaluando sus parámetros fisicoquímicos y sensoriales. https://repositorio.uepu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/5211/Roxana%20Rufina%20Silva%20Liz%c3%a1rraga_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Otavallo, C., & Rubi, T. (2021). Estudio de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*) en la elaboración de cupcake relleno de chocolate. UPEC. <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/947/1/019-%20CATUCUAM%20OTAVALO%20TANIA%20RUBI.pdf>

Reyes M, Gómez-Sánchez I, Espinoza C. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. 10th ed. Instituto Nacional de Salud, editor. Lima, Perú: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.

Usaga, J., & Aiello, J. (2019). Detección de gluten en alimentos etiquetados como libres de gluten disponibles en el mercado costarricense. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 69(1). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jessie-Usaga/publication/336613883_Deteccion_de_gluten_en_alimentos_etiquetados_como_libres_de_gluten_disponibles_en_el_mercado_costarricense/links/5da8817ba6fdccdad54c4f80/Deteccion-de-gluten-en-alimentos-etiquetados-como-libres-de-gluten-disponibles-en-el-mercado-costarricense.pdf

- Vidaurre Ruíz, J. M. (2020). Desarrollo de panes libres de gluten con harinas de granos andinos [Tesis doctoral, Universidad Nacional Agraria la Molina] disponible en http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4374/vidaurre_ruiz-julio-mauricio.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vargas Zambrano, P., Arteaga Solorzano, R., & Cruz Viera, L. (2019). Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa*) como alimento funcional. *Centro Azúcar*, 46(4), 89-100. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n4/2223-4861-caz-46-04-89.pdf>
- Velásquez-Barreto, F. F., Arteaga Miñano, H., Álvarez-Ramírez, J. J., & Bello-Peréz, L. A. (2021). Propiedades estructurales, funcionales y químicas de pequeños gránulos de almidón: quinua andina y kiwicha.
- Villagrán, Z., Torres, S. G., González, E. M., de Alba Verduzco, J. E. G., Hernández, B. C. R., & Esparza, L. M. A. (2022). Alimentos funcionales y su impacto en la salud humana. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 10(20), 223-231. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/view/7806/8979>
- Wright, R. A., Martínez, P., & Karol, A. (2020). La dieta libre de gluten, ¿se diferencia de la alimentación general?: Estudio comparativo entre niños celíacos y no celíacos. *Diaeta*, 38(170), 26-32. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/diaeta/v38n170/v38n170a04.pdf>
- Zegarra, S., Muñoz, A. M., & Ramos-Escudero, F. (2019). Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial. *Revista chilena de nutrición*, 46(5), 561-570.
- Zegarra Samamé, S. I. (2018). Elaboración de un pan apto para celiacos a base de harina de *chenopodium Pallidicaule aelle* (Cañihua) y evaluación de su aceptabilidad sensorial. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v46n5/0717-7518-rchnut-46-05-0561.pdf>
- Xue, J., Yang, J., & Yin, Y. (2025). Study on Effect of Germination on Flavonoid Content and Nutritional Value of Different Varieties of Chickpeas. *Foods (Basel, Switzerland)*, 14(13), 2157. <https://doi.org/10.3390/foods14132157>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento de la Germinación de las semillas

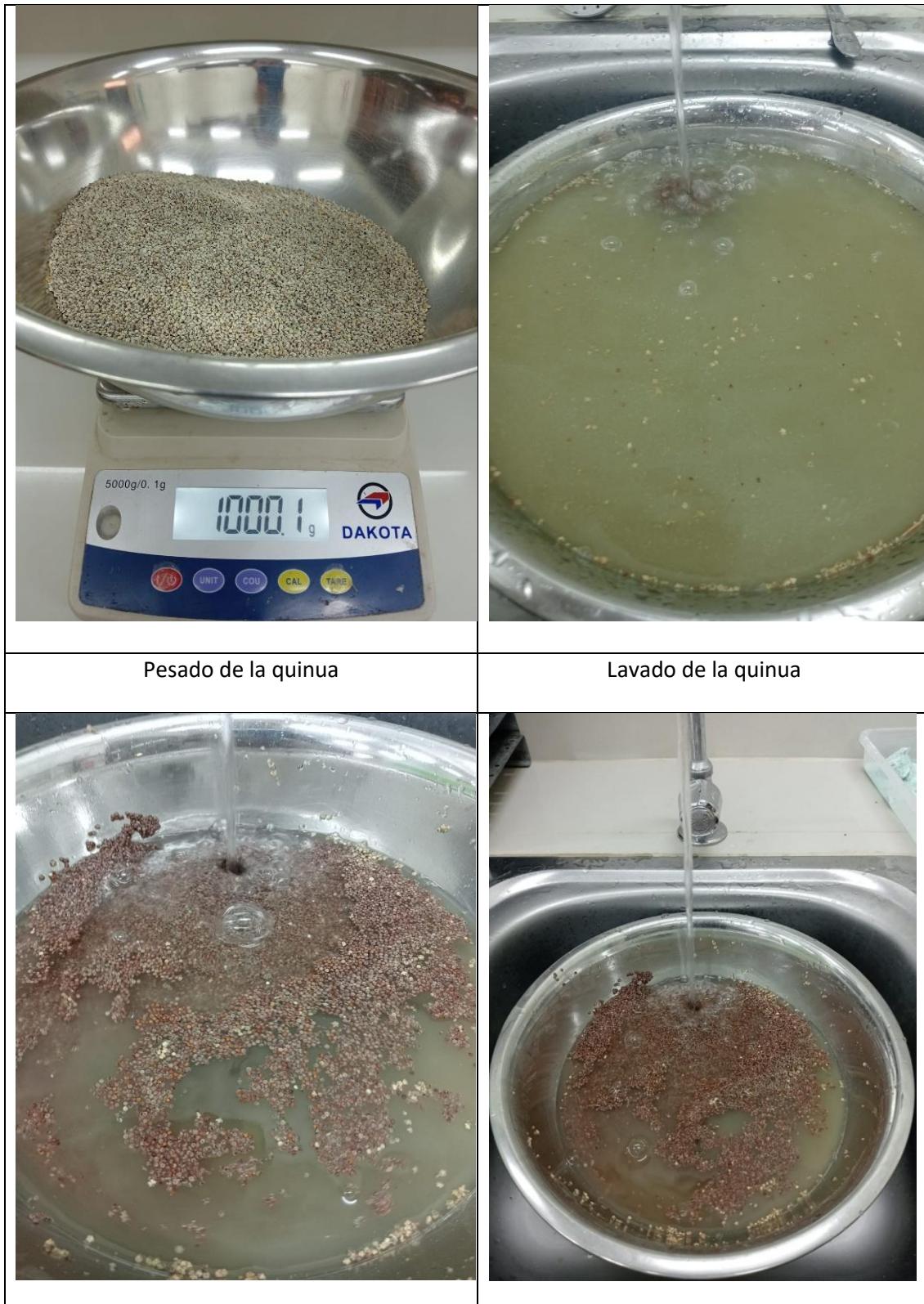
Etapas Germinación de las semillas	Quinua	Kiwicha	Cañihua
Recepción de la semilla	-----	-----	.....
Eliminación de impureza	.....	.....	.....
Pesado	.....	.....	.....
Lavado	Agua potable Temperatura del agua 17°C (temperatura ambiente)	Agua potable Temperatura del agua 18°C (temperatura ambiente)	Agua potable Temperatura del agua 18°C (temperatura ambiente)
Desinfección	0.01% hipoclorito de sodio y agua destilada Tiempo 30 min	0.01% hipoclorito de sodio y agua destilada Tiempo 30 min	0.01% hipoclorito de sodio y agua destilada Tiempo 30 min
Maceración	Tiempo 6h Relación grano /agua 1:5	Tiempo 6h Relación grano /agua 1:5	Tiempo 6h Relación grano /agua 1:5
Germinación	T°C = 20°C Tiempo = 48hrs HR% = 90%	T°C = 26°C Tiempo = 62 hrs HR% = 90%	T°C = 26°C Tiempo = 48 hrs HR% = 90%
Secado	Tiempo de secado = 30h Temperatura = 55°C Humedad final : 4.41	Tiempo de secado =24H Temperatura = 40°C Humedad final 4.7	Tiempo de secado =24H Temperatura = 40°C Humedad final 5.51

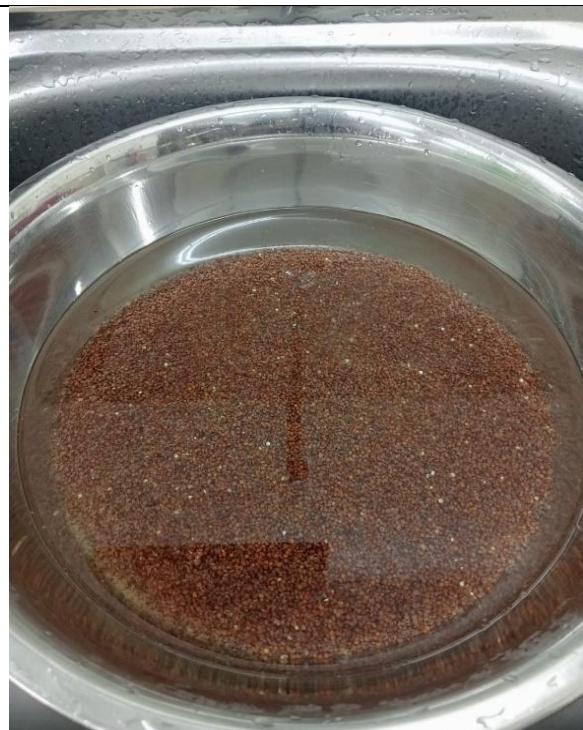
Tomando de la referencias de los autores (Paucar *et al.*, 2017; Paucar et al., 2018 y Abderrahim *et al.*, 2012),

Anexo 2 Balance de masa de la germinación y secado de los granos

Etapas Germinación de las semillas	Quinua	Kiwicha	Cañihua
Recepción de la semilla	-----	-----	.....
Eliminación de impureza	.....	.....	.....
Pesado	1000 gr	1000g	1000g
Lavado	.....	.....	.....
Desinfección	.....	.....	.....
Maceración o remojo	Peso entrada =1000g Peso luego del remojo = 1571.8g	Peso entrada =1000g Peso luego del remojo =1715g	Peso entrada =1000g Peso luego del remojo =1680
Germinación	Pe entrada =1571.8 g Peso de salida = 1768.2g	Peso entrado = 1715g Peso salido =2151.85g	Peso entrado =1680 Peso salido =2151.1
Secado	Peso entrado = 1768.2g Peso salido = 850.73g	Peso entrada=2151.85g Peso salida= 864.24g	Peso entrada= 2151.1g Peso salido 826.32
Molienda	.....	.....	.....
Almacenamiento	.....	.....	.....
Rendimiento final	85.1%	86.4%	82.6%

Anexo 3. Galería de foto de la germinación de la Quinua





Remojo



Pesado

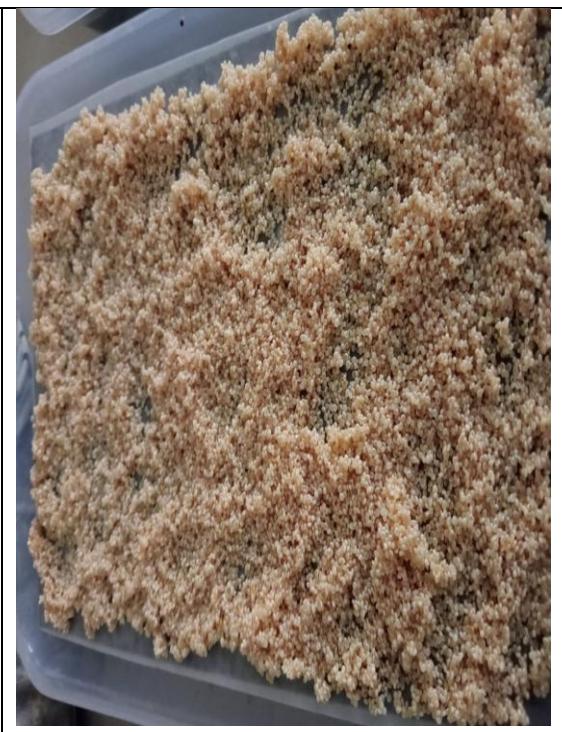
Bandeja de metal

	
Acondicionamiento en las bandejas	En el germinador
	
Equipo Germinado	Quinua Germinada

Anexo 4. Galería de foto de la Secado y molienda de la Quinua germinada

	
Secado de la quinua germinada	Quinua germinada secada
	
Molienda de la quinua germinada	Harina de Quinua Germinada

Anexo 5. Galería de foto de la Secado y molienda de la Kiwicha germinada

	
Kiwicha seca sin remojar	Kiwixcha despues de remojar
	
Germinacion	Kiwicha germinada

Anexo 6. Secado y molienda de la Kiwicha Germinada

 A photograph showing four blue trays filled with germinated quinoa sprouts inside an oven or food dehydrator.	 A close-up photograph of dry, yellowish-quinoa flour.
En el secador	Kiwicha germinada seca
 A photograph showing a person pouring dried quinoa flour from a plastic bag into a large stainless steel industrial mixer.	 A close-up photograph of the final ground quinoa flour product.
Molienda	Harina de kiwicha germinada

Anexo 7. .Germinación de la cañihua

	
Granos	Germinado
	
Secado	Harina

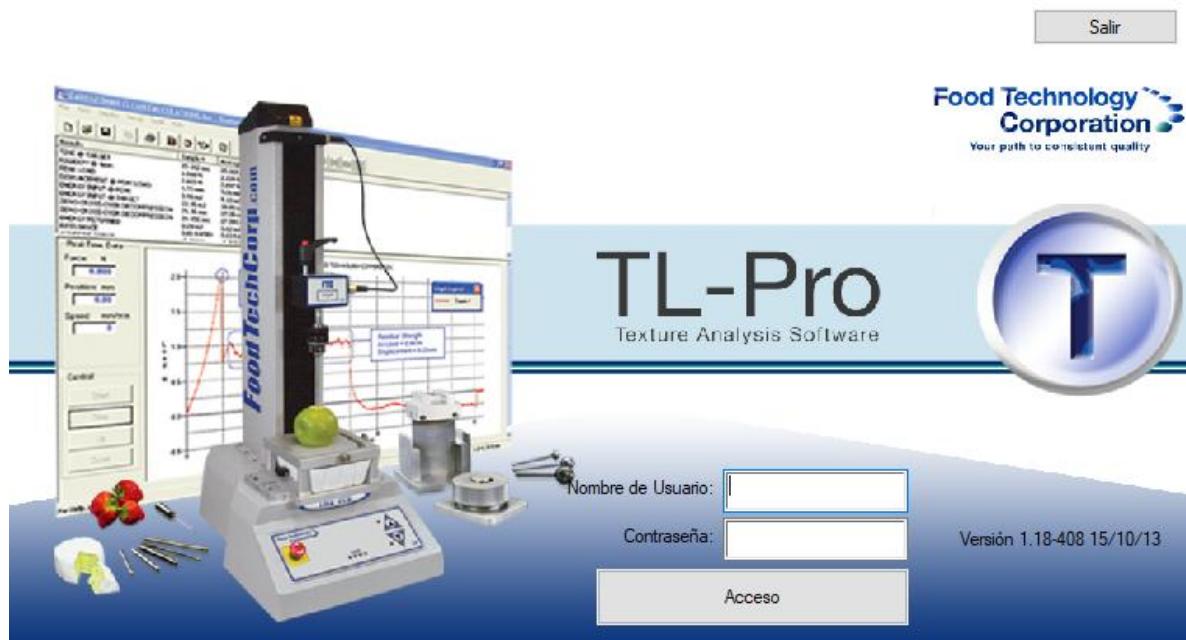


Secador de bandeja



Molino de martillo

Anexo 8. .Reporte y grafica del Analizador de Textura TL-Pro



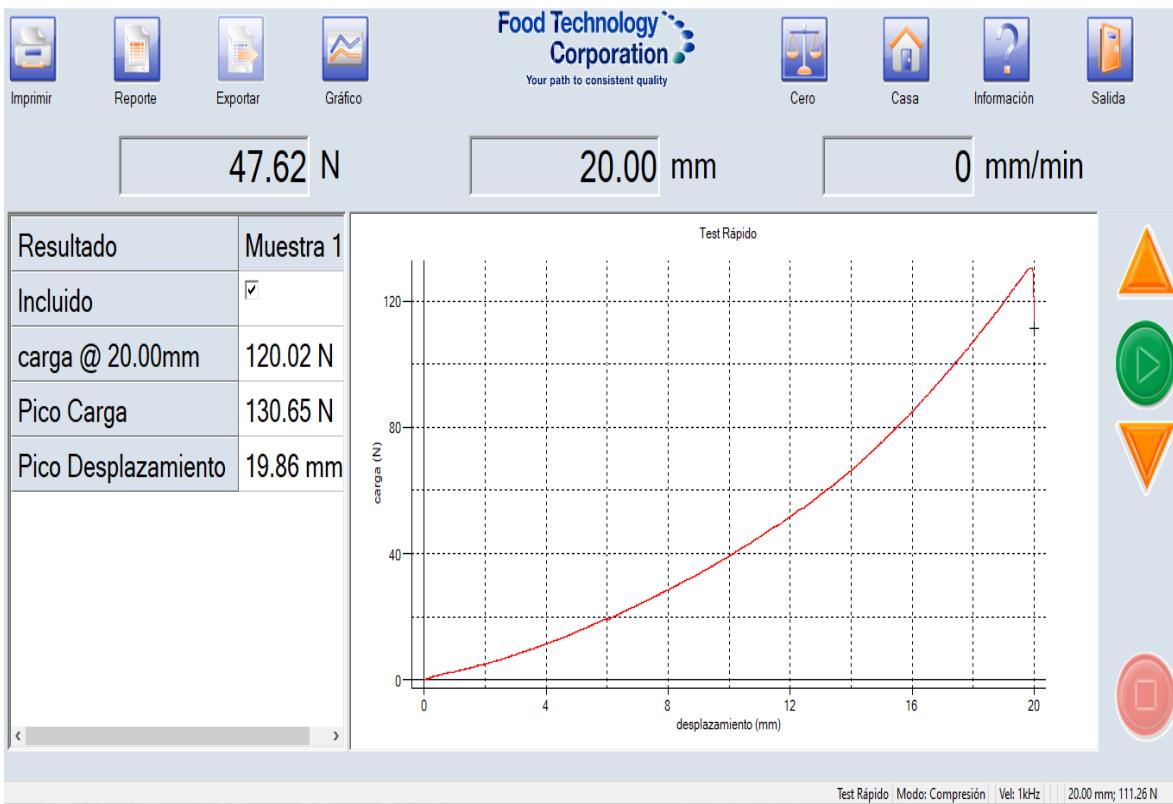
Pantalla de inicio

Parámetro del ensayo 1

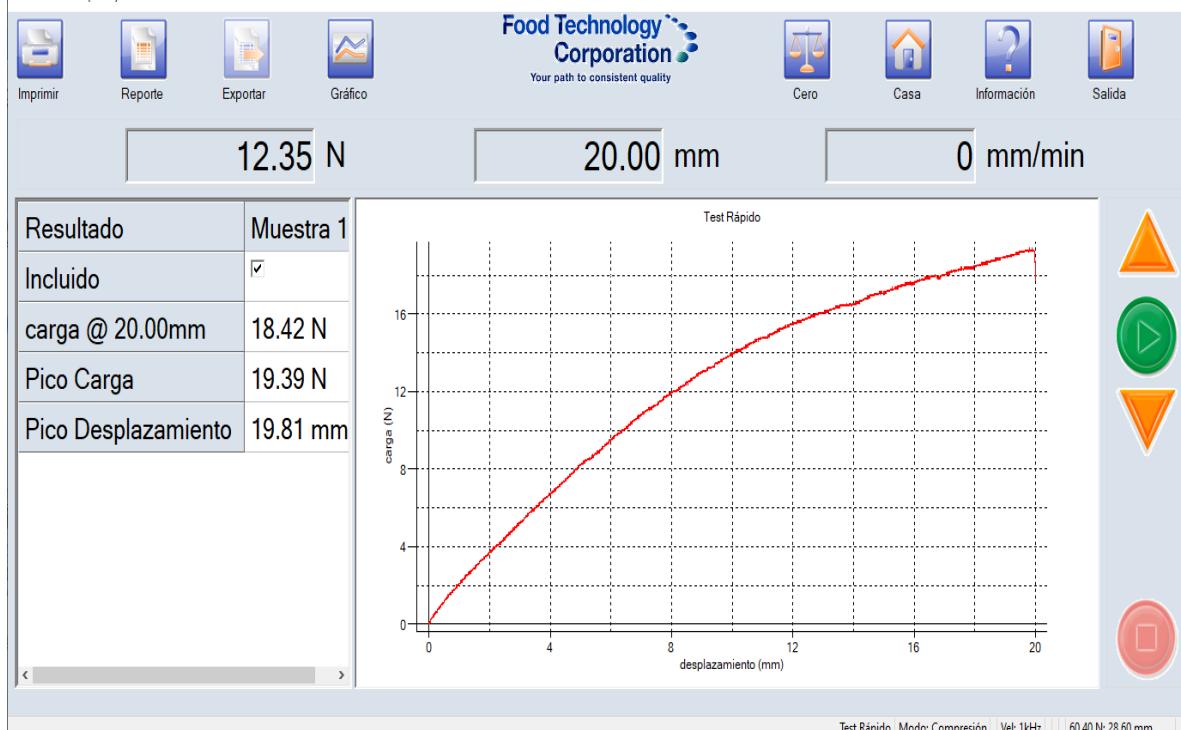
Test Rápido

Test	Cálculos
<input type="radio"/> Tracción	<input checked="" type="radio"/> Compresión
Velocidad:	120 mm/min
<input type="radio"/> Ir a carga	<input checked="" type="radio"/> Ir a desplazamiento
Desplazamiento:	20.00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Detección de rotura	
Rotura %:	30
<input type="checkbox"/> Pre-test Tarar Carga	
<input type="checkbox"/> Pre-prueba desplazamiento de tara	
Cálculos	
<input type="checkbox"/> Desplazamiento@ carga objetivo	
<input checked="" type="checkbox"/> Carga @ desplazamiento objetivo	
<input checked="" type="checkbox"/> Carga @ carga máxima	
<input checked="" type="checkbox"/> Desplazamiento @ carga máxima	
Parámetros Gráfico	
<input checked="" type="radio"/> Carga/Desplazamiento	
<input type="radio"/> Desplazamiento/Tiempo	
<input type="radio"/> Otros	
Y-Eje:	X-Eje:

Inicia Cancelar



Reporte del primer ensayo del queque con granos andinos 100%

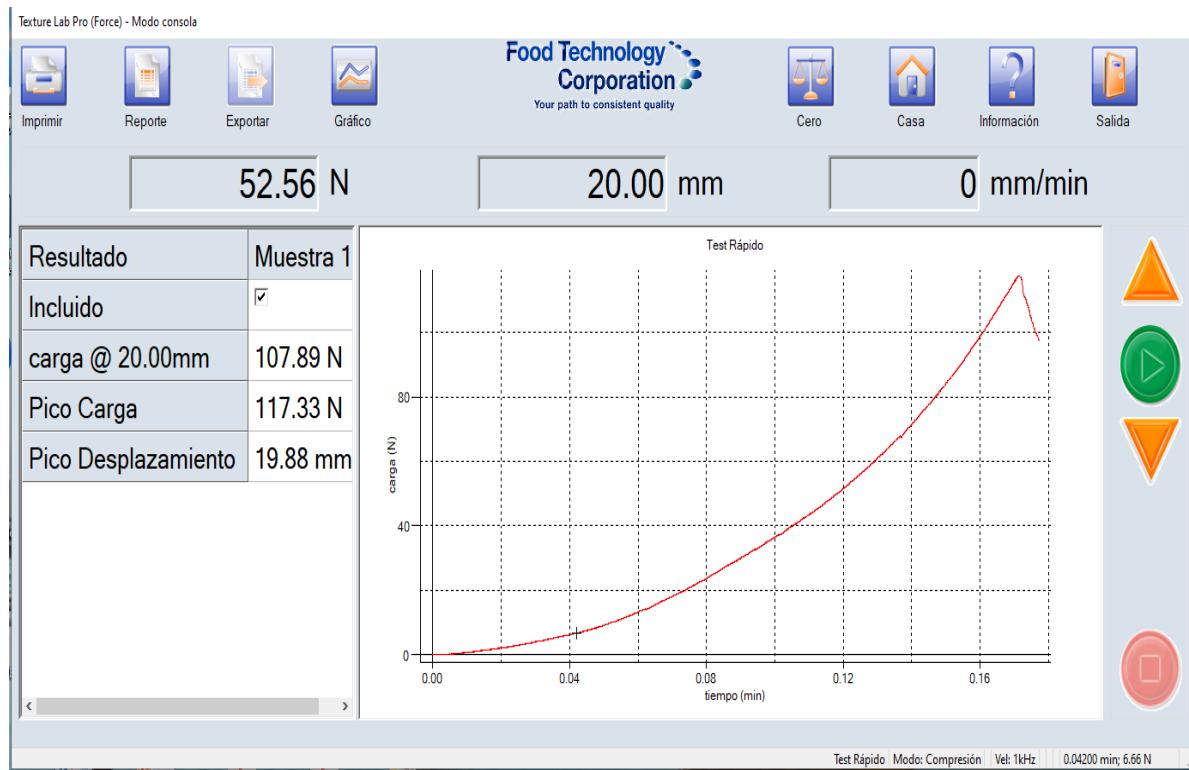


Reporte del primer ensayo del queque con harina de trigo 100%

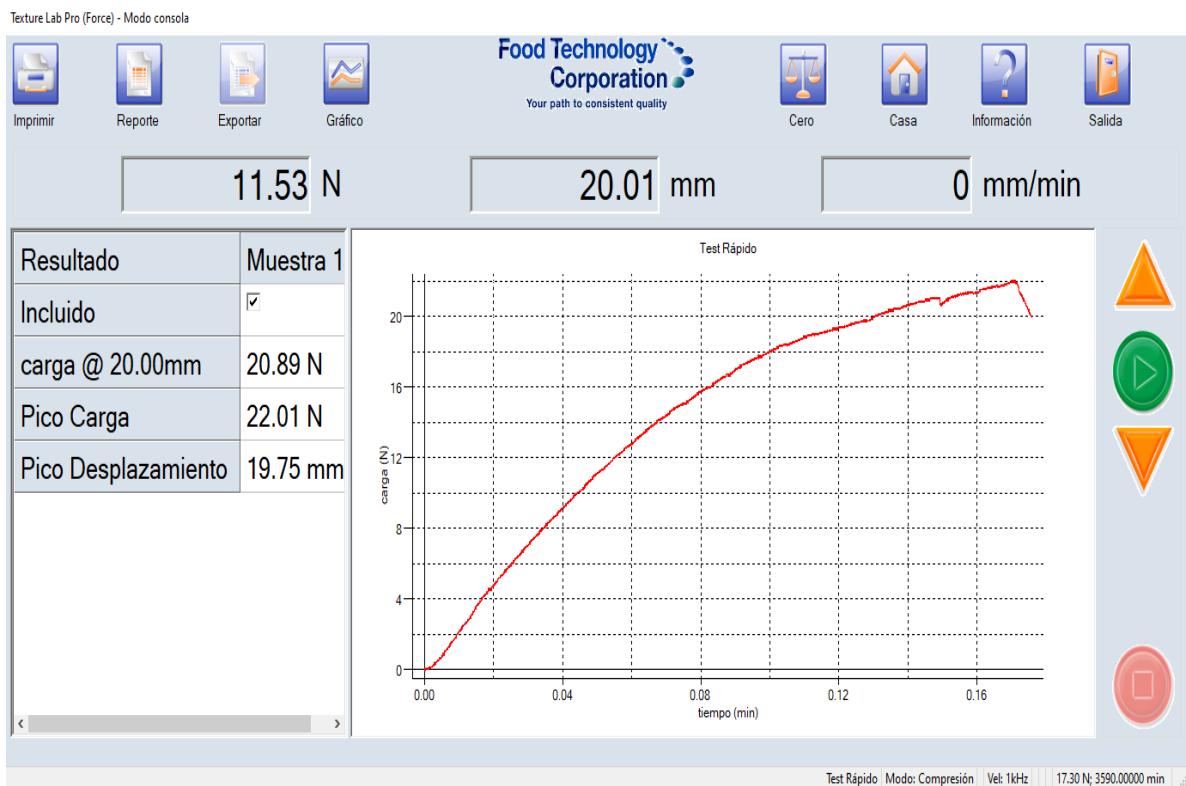
Test Rápido

Test	Cálculos
<input type="radio"/> Tracción <input checked="" type="radio"/> Compresión Velocidad: <input type="text" value="120"/> mm/min <input type="radio"/> Ir a carga <input checked="" type="radio"/> Ir a desplazamiento Desplazamiento: <input type="text" value="20.00"/> mm <input checked="" type="checkbox"/> Detección de rotura Rotura %: <input type="text" value="30"/> <input type="checkbox"/> Pre-test Tarar Carga <input type="checkbox"/> Pre-prueba desplazamiento de tara	<input type="checkbox"/> Desplazamiento@ carga objetivo <input checked="" type="checkbox"/> Carga @ desplazamiento objetivo <input checked="" type="checkbox"/> Carga @ carga máxima <input checked="" type="checkbox"/> Desplazamiento @ carga máxima
Parámetros Gráfico	
<input type="radio"/> Carga/Desplazamiento <input checked="" type="radio"/> Carga/Tiempo <input type="radio"/> Desplazamiento/Tiempo <input type="radio"/> Otros Y-Eje: <input type="button" value="▼"/> X-Eje: <input type="button" value="▼"/>	
<input type="button" value="Inicia"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

Parámetro del ensayo 2



Reporte del segundo ensayo del queque con granos andinos 100%



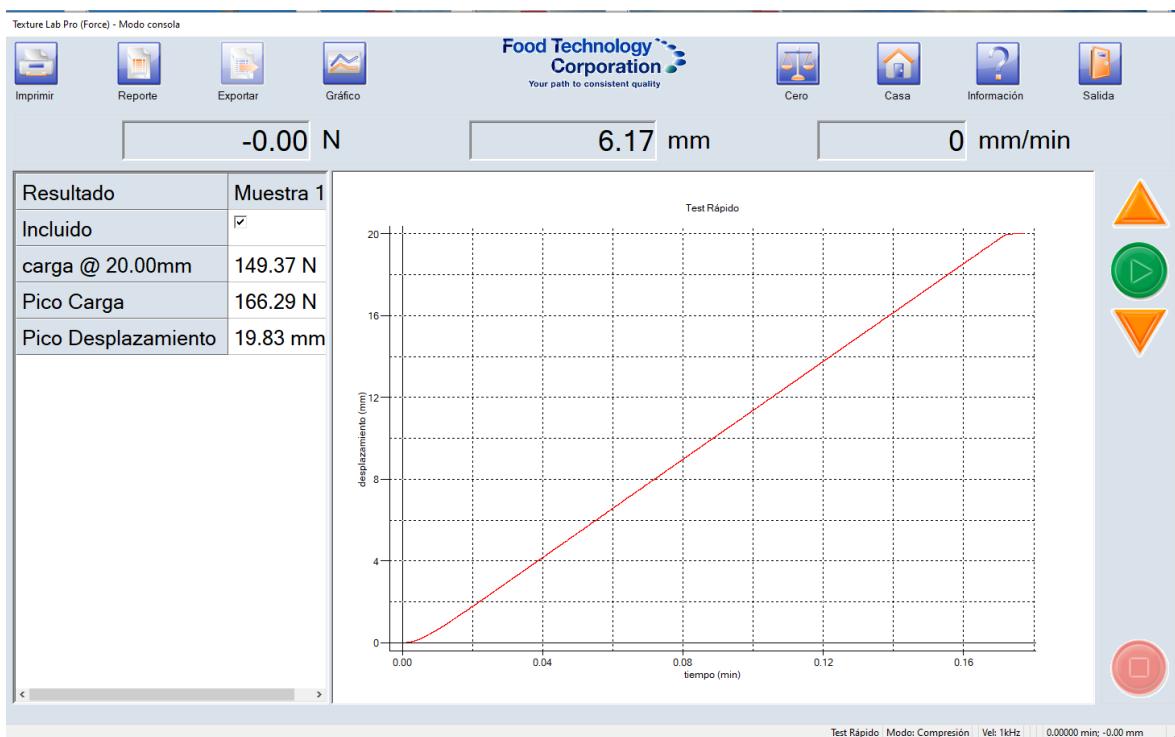
Reporte del segundo ensayo del queque con harina de trigo 100%

Test Rápido

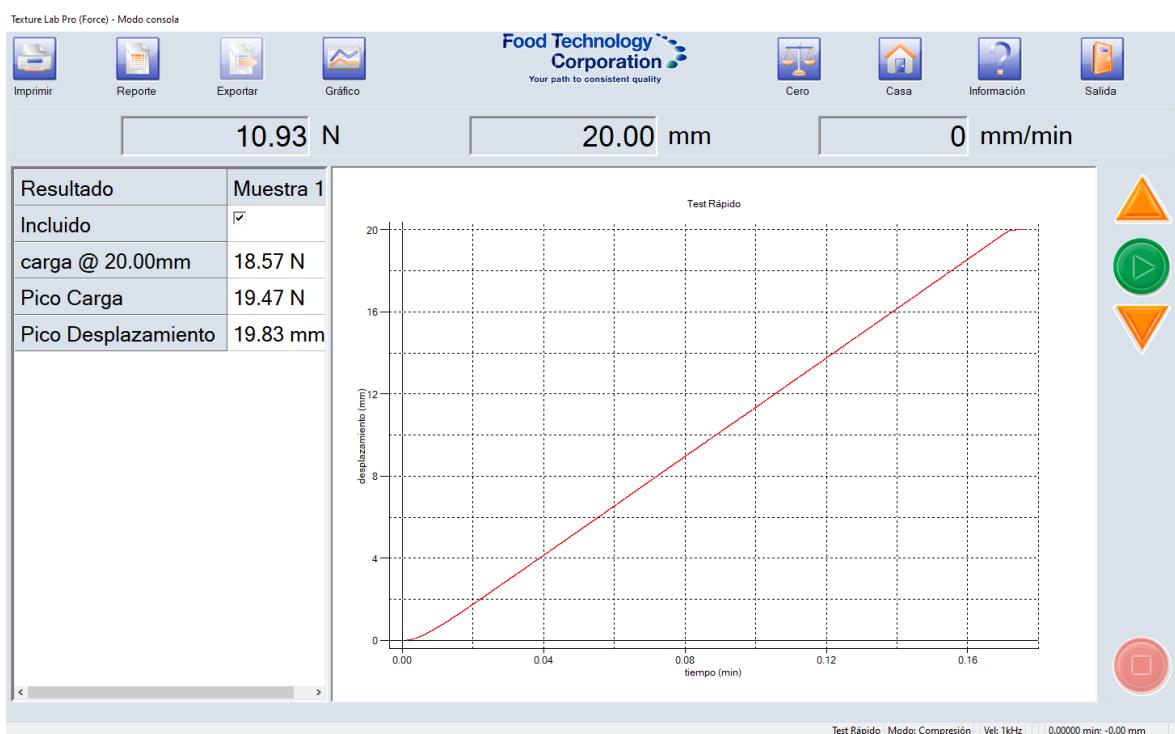
<input type="radio"/> Tracción	<input checked="" type="radio"/> Compresión	Cálculos
Velocidad:	120 mm/min	<input type="checkbox"/> Desplazamiento@ carga objetivo
<input type="radio"/> Ir a carga	<input checked="" type="radio"/> Ir a desplazamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Carga @ desplazamiento objetivo
Desplazamiento:	20.00 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Carga @ carga máxima
<input checked="" type="checkbox"/> Detección de rotura		<input checked="" type="checkbox"/> Desplazamiento @ carga máxima
Rotura %:	50	Parámetros Gráfico
<input type="checkbox"/> Pre-test Tarar Carga		<input type="radio"/> Carga/Desplazamiento
<input type="checkbox"/> Pre-prueba desplazamiento de tara		<input checked="" type="radio"/> Desplazamiento/Tiempo
		<input type="radio"/> Carga/Tiempo
		<input type="radio"/> Otros
Y-Eje:		X-Eje:

Inicia **Cancelar**

Parámetro del ensayo 3

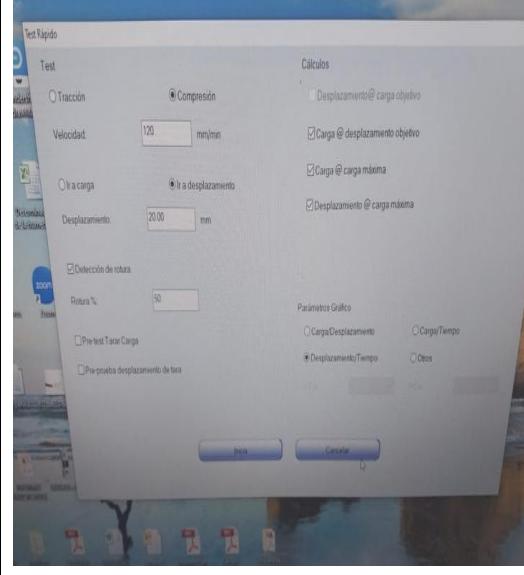
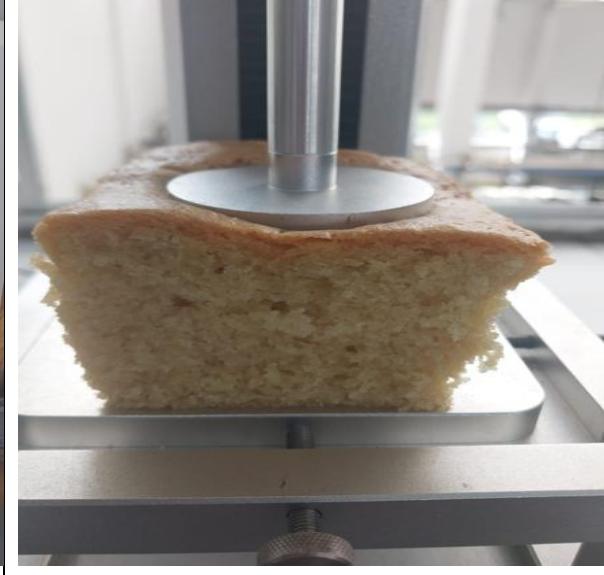


Reporte del tercer ensayo del queque con granos andinos 100%



Reporte del tercer ensayo del queque con trigo 100%

Anexo 9. Galería de foto de ensayo del Análisis instrumental de Textura TL-Pro

 <p>The screenshot shows the 'Test Rapido' (Quick Test) screen. Under 'Test' (Prueba), 'Compresión' (Compression) is selected. 'Velocidad' (Velocity) is set to 120 mm/min. 'Desplazamiento' (Displacement) is set to 20.00 mm. Under 'Cálculos' (Calculations), 'Carga @ desplazamiento objetivo' (Load at target displacement) is checked. Other options like 'Carga @ carga máxima' (Load at maximum load) and 'Desplazamiento @ carga máxima' (Displacement at maximum load) are also available. A checkbox for 'Detección de rotura' (Break detection) is present. Parameters for the graph include 'Carga/Desplazamiento' (Load/Displacement), 'Carga/Tiempo' (Load/Time), and 'Desplazamiento/Tiempo' (Displacement/Time). Buttons for 'Iniciar' (Start) and 'Cancelar' (Cancel) are at the bottom.</p>	 <p>A photograph of a rectangular slice of cake being tested under a compression load. The cake has multiple layers and a light-colored crumb. The TL-Pro machine's cylindrical probe is applying pressure to the top surface of the cake slice.</p>
<p>Programando el ensayo en la PC</p>  <p>A photograph of a dark brown, dense slice of cake being tested under a compression load on a TMS-Pro machine. The machine has a different design from the TL-Pro, with a more vertical and compact structure. The brand name 'TMS-Pro' is visible on the front panel.</p>	<p>Ensayo de compresión del queque trigo</p>  <p>A photograph of a large, industrial-grade TL-Pro machine. The machine is tall and metallic, with the brand name 'FoodTechCorp.com' printed vertically on its side. It is situated in a laboratory or industrial kitchen setting with other equipment visible in the background.</p>
<p>Ensayo de compresión de queque granos andinos</p>	<p>Equipo de analizador de Textura</p>

Anexo 10. Galería de foto de elaboración de los queques

	
Pesado de los ingredientes	Batido de los ingredientes
	
Horneado de los queques	Enfriado control de temperatura