



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD DE ARTICULO CIENTIFICO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

TEMA:

**Evaluacion de las Características Sensoriales de Pan sin Gluten a Base de
Harina de Quinoa (*Cheonopodium Quinoa*)**

AUTORES:

**PIN ALVARADO JOEL STEVEN
VINCES ZAMBRANO ALAIN DAVID**

TUTOR:

Ing. Stalin Gustavo Santacruz Teran, Ph.D

MANTA - MANABÍ - ECUADOR

2024 – 2025

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor(a) de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

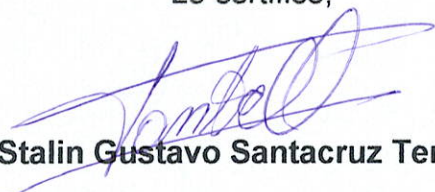
Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la modalidad de artículo científico , cuyo tema del artículo es "Evaluación de las Características Sensoriales de Pan sin Gluten a Base de Harina de Quinoa (Chenopodium Quinoa)", el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado artículo reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde a los señores Pin Alvarado Joel Steven y Vences Zambrano Alain David, estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial, período académico 2024 (2), quienes se encuentran apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 19 de Agosto de 2024

Lo certifico,



Ing. Stalin Gustavo Santacruz Terán, Ph.D.

Docente Tutor

Área de Agroindustria

DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

Nosotros Pin Alvarado Joel Steven con CI. 1312521972 y Vinces Zambrano Alain David con CI.1754634549, declaramos que el presente trabajo de titulación denominado **“Evaluación de las Características Sensoriales de Pan sin Gluten a Base de Harina de Quínoa (Chenopodium Quinoa)”**, es de nuestra autoría.

Asimismo, autorizamos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí para que realice la digitalización y publicación de este proyecto en el repositorio digital de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la ley Orgánica de Educación Superior.

La responsabilidad del contenido presente en este estudio corresponde exclusivamente a nuestra autoría y el patrimonio intelectual de la investigación pertenecerá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Lo certificamos:



Pin Alvarado Joel Steven



Vinces Zambrano Alain David

Manta, 13 de febrero de 2025

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los honorables Miembros del Tribunal Examinador aprueban el proyecto de investigación con el tema: **“Evaluación de las características sensoriales de pan sin gluten a base de harina de quinoa”**, de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial: **Pin Alvarado Joel Steven y Vines Zambrano Alain David,** luego de haber sido analizado por los señores miembros del Tribunal Examinador, en cumplimiento de lo que establece la Ley se aprueba el trabajo de titulación:

Para constancia firman:



Lic. Dolores Muñoz Verduga PhD
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Italo Bello Moreira Mg.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Aldo Mendoza González Mg.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

1 **Evaluación de las características sensoriales de pan sin gluten a base de**
2 **harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*)**

3 **Evaluation of the sensory characteristics of gluten-free bread based on**
4 **quinoa flour (*Chenopodium quinoa*)**

5

6 Pin Alvarado Joel Steven*; Vines Zambrano Alain David; Stalin Gustavo Santacruz
7 Teran

8 Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Facultad de Ciencias de la Vida y
9 Tecnologías, Manta, Ecuador

10 **Resumen**

11 El presente estudio evaluó las características sensoriales de pan sin gluten elaborado a
12 base de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*), utilizando cuatro tratamientos
13 diferenciados según las proporciones de harina fermentada y cocida. El Tratamiento 1
14 consistió en 35 % de harina fermentada y 35 % de harina cocida; el Tratamiento 2 incluyó
15 35 % de harina fermentada y 25 % de harina cocida; el Tratamiento 3 incorporó 50 % de
16 harina fermentada y 35 % de harina cocida; y el Tratamiento 4 utilizó 50 % de harina
17 fermentada y 25 % de harina cocida. Los análisis incluyeron pruebas de caracterización
18 y un análisis sensorial realizado por un panel semientrenado. Los resultados demostraron
19 diferencias entre los tratamientos ($p > 0,05$) en atributos como volumen específico,
20 dureza, cohesividad, elasticidad, masticabilidad y miga. El mejor tratamiento se
21 estableció por ponderación siendo el número cuatro, mismo que fue utilizado en el
22 análisis sensorial. El estudio concluye que las proporciones de harina fermentada y cocida
23 influyen directamente en las propiedades del pan sin gluten a base de quinoa, pan cuyas
24 características son prometedoras para consumidores con requerimientos dietéticos
25 específicos.

26 **Palabras clave:** volumen específico, miga, análisis de perfil de textura, fermentación,
27 celíacos.

28 **Abstract**

29 The present study evaluated the sensory characteristics of gluten-free bread made from
30 quinoa flour (*Chenopodium quinoa*), using four different treatments according to the
31 proportions of fermented and cooked flour. Treatment 1 consisted of 35% fermented flour
32 and 35% cooked flour; Treatment 2 included 35% fermented flour and 25% cooked flour;
33 Treatment 3 incorporated 50% fermented flour and 35% cooked flour; and Treatment 4
34 used 50% fermented flour and 25% cooked flour. Analyzes include characterization tests
35 and a sensory analysis performed by a semi-trained panel. The results demonstrated
36 significant differences ($p > 0.05$) in attributes such as specific volume, hardness,
37 cohesiveness, elasticity, chewiness and crumb between the treatments, of which the four
38 treatment, of which the sensory analysis was carried out, was shown to be the best. The
39 study concludes that the proportions of fermented and cooked flour directly influence the

40 properties of quinoa-based gluten-free bread, highlighting the viability of this formulation
41 for consumers with specific dietary requirements.

42 **Keywords:** Specific volume, crumb, texture profile analysis, fermentation, celiacs.

43 **Introducción**

44 El pan es un producto elaborado a base de una mezcla de harina de trigo, generalmente
45 con agua sal y levadura. Su sabor color y textura pueden variar según el tipo de harina
46 empleada y los ingredientes secundarios añadidos. El pan es uno de los productos más
47 consumidos por los ecuatorianos, según datos del instituto nacional de estadísticas y
48 censos (INEC) del 2019 cada año el ecuatoriano consume cerca de 20 kg de pan. De
49 acuerdo con el INEC del volumen de alimentos que se compra en el hogar de bajos
50 ingresos, el 6% es pan y en una familia de ingresos altos es del 5%. Según la encuesta
51 estructural empresarial del INEC (2022), cada año la industria panadera industrializa
52 aproximadamente 48000 toneladas de este producto.

53 En el trigo, dos de las proteínas presentes forman gluten y le dan a la harina la
54 característica de ser panificable. El gluten es un conjunto de proteínas de partículas
55 pequeñas, contenidas presentes en la harina de trigo y otros cereales como la cebada y el
56 centeno.

57 La presencia de gluten es un limitante para las personas celíacas. Esta enfermedad deriva
58 en una intolerancia a las proteínas prolaminas del gluten. Estas son un grupo de proteínas
59 vegetales con gran contenido de prolina. Se encuentra en los cereales, recibiendo diversos
60 nombres en función de este: gliadinas en el caso del trigo, hordeínas en caso de la cebada,
61 las secalinas en el centeno y aveninas en la avena. El gluten afecta al intestino delgado en
62 niños y adultos predispuestos genéticamente, desencadenada por la ingestión de
63 alimentos que contienen gluten.

64 Las personas que no responden a la dieta pueden desencadenar otras afectaciones como:
65 sobrecrecimiento bacteriano en el intestino delgado, colitis microscópica, mal
66 funcionamiento del páncreas o insuficiencia pancreática, síndrome de colon irritable,
67 dificultad para digerir el azúcar que se encuentra en los productos lácteos (lactosa), el
68 azúcar de mesa (sacarosa), y la fructosa de la miel (Mayoclinic, 2023)

69 El pan sin gluten es un pan elaborado con harinas que no presentan gluten. Harinas libres
70 de gluten son compuestas por harinas libres de esta proteína, como harina de arroz, harina
71 de maíz, entre otras.

72 La elaboración de pan sin gluten requiere del uso de hidrocoloides. Estos se utilizan para
73 simular la formación de la red de gluten debido a su capacidad para cambiar las
74 características de la masa. Las propiedades viscoelásticas de la masa se ven aumentadas
75 por las propiedades viscoelásticas del hidrocoloide en un medio acuoso. Este efecto
76 depende de la estructura y conformación del hidrocoloide (Tsatsaragkou et al., 2016). La
77 adición de hidrocoloides a las masas sin gluten conduce a un aumento de la viscosidad
78 debido a la capacidad de retención de agua de estas moléculas. También mejora el
79 desarrollo y la retención de gases durante la fermentación. Algunos derivados de celulosa
80 contienen grupos hidrófobos, que tienen afinidad por la fase no polar de la masa. En
81 consecuencia, esto resulta en una actividad interfacial dentro de los límites de las celdas

82 de gas y forma una red durante el horneado. La formación de esta red provoca un aumento
83 de la viscosidad de la masa, una expansión de las paredes celulares y aumenta aún más el
84 volumen del pan (Mir et al., 2016; Sabanis y Tzia, 2010).

85 Los hidrocoloides utilizados en los alimentos provienen de una amplia gama de materiales
86 como algas (carrageninas y alginatos), bacterias (goma de xantana), cítricos y manzanas
87 (pectina), extractos de semillas (goma de guar y goma de algarroba), exudados de plantas
88 (goma arábica) y derivados de celulosa [carboximetilcelulosa (CMC),
89 hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y celulosa microcristalina (MCC)]. Todos los
90 hidrocoloides son de alto peso molecular (generalmente carbohidratos) y tienen una gran
91 capacidad para retener el agua (Brites et al., 2018).

92 Uno de los cereales que no forma gluten es la quinoa (*Chenopodium quinoa wild*). Es un
93 pseudo-cereal perteneciente a la familia *Chenopodiaceae*, también conocido como grano
94 de oro que fue domesticado y utilizado en la dieta de las civilizaciones tihuanacota e inca
95 hace más de 5000 años. Existen más de 17 variedades de quinoa que crecen en el norte
96 de Ecuador hasta el sur de Bolivia. La quinoa es de los pocos granos conocidos que
97 provee todos los aminoácidos esenciales para el cuerpo. Es un grano que se ha convertido
98 en objeto de atención en todo el mundo en los últimos años, debido a su valor nutricional
99 y funcional, y su potencial para aplicaciones farmacéuticas (Bhargava et al., 2006; Hirose
100 et 16 al., 2010; Vega- Gálvez et al., 2010). El valor nutricional de la quinoa es ahora
101 reconocido por sus proteínas de alta calidad (especialmente rica en aminoácidos
102 esenciales) y por su contenido de hidratos de carbono (con un índice glucémico bajo y
103 generalmente más altas cualidades nutricionales y funcionales de los granos de cereales
104 como el maíz, avena, trigo y arroz) (Repo-Carrasco et al., 2003; Repo-Carrasco-Valencia
105 et al., 2010).

106 El uso de masa madre en la panificación ha ganado un creciente interés debido a su
107 capacidad para mejorar significativamente las características organolépticas de los panes,
108 como el sabor, la textura y el aroma. La masa madre es una mezcla fermentada de harina
109 y agua que contiene microorganismos naturales, principalmente levaduras y bacterias
110 lácticas, responsables de transformar las harinas en productos con perfiles sensoriales
111 complejos y una mayor vida útil (Choque & Neira, 2017). En el caso de panes libres de
112 gluten, donde la ausencia de esta proteína afecta la elasticidad y estructura del producto,
113 la masa madre se convierte en una herramienta clave para superar estas limitaciones
114 tecnológicas (García, 2021).

115 La fermentación con masa madre no solo aporta mejoras organolépticas, sino que también
116 incrementa la digestibilidad y los beneficios nutricionales de los panes. Diversos estudios
117 como los de Cerda *et al.*, 2017; Cáceres, 2023; Falconi *et al.*, 2024 han demostrado que
118 su aplicación en panes sin gluten, elaborados con harinas como quinoa, arroz o maíz, no
119 solo potencia el perfil aromático, sino que también contribuye a obtener productos más
120 aceptados sensorialmente. Por ejemplo, investigaciones recientes han destacado que la
121 fermentación prolongada en harina de quinoa con masa madre mejora la estructura,
122 reduce la sensación de sequedad y enriquece el aroma del pan, haciendo de esta una
123 alternativa atractiva tanto para el consumidor como para la industria panificadora
124 (Murgueytio & Santacruz, 2020).

125 El objetivo del presente estudio fue evaluar las características sensoriales de pan sin
126 gluten a base de harina de quinoa.

127 **Materiales y métodos**

128 **Preparación de la masa madre**

129 Se inició el proceso de fermentación de la harina de quinoa empleando una proporción
130 inicial de 1:1 entre harina de quinoa y agua. Se preparó una mezcla con 50 g de harina de
131 quinua y 50 mL de agua, mezclándose hasta obtener una consistencia pastosa homogénea.
132 Esta mezcla fue alimentada diariamente con 20 g adicionales de harina de quinua y 20 g
133 de agua, manteniendo un ambiente controlado en una temperatura 28 °C para favorecer
134 el desarrollo de microorganismos endógenos. El proceso de alimentación continuó hasta
135 que se alcanzó un estado de estabilidad, evaluado mediante el monitoreo de los
136 parámetros de pH y acidez. Una vez estable el cultivo, se consideró apto para proceder
137 con las pruebas de elaboración de la masa de pan.

138 **pH**

139 Para la determinación del pH, se siguió el método descrito en la norma NTE INEN
140 95:1979, el cual establece que la medición debe realizarse por duplicado sobre la misma
141 muestra preparada. Se pesaron al menos 10 g de la muestra previamente preparada en un
142 vidrio de reloj tarado, y luego se transfirió la muestra a un matraz Erlenmeyer de 250 mL
143 limpio y seco. A continuación, se añadieron 100 mL de agua destilada y se agitó
144 cuidadosamente hasta lograr una suspensión homogénea de las partículas. La mezcla se
145 agitó ocasionalmente durante 30 minutos y posteriormente se dejó en reposo por 10
146 minutos. Seguidamente, se decantó el líquido sobrenadante en un vaso limpio y seco, y
147 se procedió a medir el pH mediante un potenciómetro de lectura directa.

148 **Acidez**

149 La acidez fue determinada mediante el método de titulación por valoración directa con
150 hidróxido de sodio 0.1 N, utilizando como indicador una solución alcohólica de
151 fenolftaleína al 1 %. Se agregaron 10 mL de la muestra previamente preparada para la
152 medición de pH en un matraz Erlenmeyer, seguido de la adición de 3 gotas de
153 fenolftaleína. La titulación se realizó añadiendo lentamente hidróxido de sodio mientras
154 se agitaba de manera continua, hasta observar un cambio de color a un tono rosado pálido.

155 Para la determinación de acidez, se empleó la siguiente ecuación:

$$156 \quad \%acidez = \frac{(V \text{ NaOH} * \text{Normalidad NaOH} * \text{meq ácido})}{V \text{ muestra}} * 100$$

157 Donde

158 V NaOH: Volumen en de NaOH consumido: (4.7 mL)

159 meq ácido (ácido láctico): 0,09 meq/L

160 Vmuestra: Volumen de muestra

161 **Preparación del pan sin gluten a base de harina de quinoa**

162 Para la elaboración del pan a base de harina de quinoa en primer lugar, se preparó una
 163 mezcla inicial de harina de quinoa y agua en una proporción 1:4, con 50 g (25%) de harina
 164 de quinoa y 200 mL de agua. La mezcla se llevó a ebullición durante 10 minutos. Los
 165 ingredientes secos como la harina de quinoa cruda, harina de arroz, sal, azúcar (Tabla 1)
 166 se combinaron y se mezclaron hasta homogenización, luego se mezcló con la harina
 167 cocida y el resto de los ingredientes: comino molido, orégano y mostaza añadiéndolos
 168 poco a poco y mezclando manualmente. Posteriormente, se mezcló hasta obtener una
 169 masa homogénea con una batidora eléctrica (Oster, EE.UU.) a una velocidad media por
 170 6 minutos. Luego, se colocó la masa en un recipiente engrasado, cubriéndola con un paño
 171 húmedo para mantener las condiciones de humedad, y se dejó en reposo durante 1 hora
 172 en un ambiente cálido (aproximadamente 25-27 °C). A continuación, se colocó 100 g de
 173 masa en un molde de acero inoxidable previamente harinado y se dejó fermentar durante
 174 1 hora a una temperatura de 27 °C. Finalmente, el pan se horneó en un horno precalentado
 175 a 200 °C durante 90 minutos, realizando incisiones en la superficie para facilitar la
 176 expansión. El horneado se dio por finalizado cuando el pan alcanzó una coloración dorada
 177 en la corteza y obteniendo con el termómetro una temperatura interna de 96 °C,
 178 asegurando así su cocción adecuada. Tras la cocción, el pan fue enfriado en una rejilla
 179 para estabilizar su textura y evitar la condensación en la base.

180

Tabla 1. Ingredientes de pan sin gluten a base de harina de quinoa

Ingrediente	g	Porcentaje
Harina de quinoa cocida	50	25
Harina de quinoa cruda	68	50
Harina de arroz	68	25
Sal	5	2.8
Azúcar	12	10
Manteca vegetal	6	3.4
Levadura seca	4	2.3
Goma xantana	1.13	0.6
Orégano	5	2.8
Mostaza	4	2.3
Comino molido	2	1.14

181

182 **Diseño experimental**

183 El diseño experimental correspondió a un diseño bifactorial completamente al azar en el
 184 que las variables independientes fueron porcentaje de harina fermentada con 2 niveles
 185 (35, 50 %) y porcentaje de harina cocida con 2 niveles (25, 35 %), dando como resultado
 186 4 tratamientos (Tabla 2) y 12 unidades experimentales.

187 Variables independientes

188 Porcentaje de harina fermentada: 35 y 50%

189 Porcentaje de harina cocida: 25 y 35%

190

Tabla 2. Diseño experimental de Harina de quinoa cocida y fermentada

Tratamientos	% Harina fermentada	% Harina cocida
A1*B1	35	25
A2*B2	50	35
A1*B2	35	35
A2*B1	50	25

Tabla 3. Anova

Fuente de variación		G.L
Total	(t*r-1)	11
Tratamientos	(t-1)	3
Repetición	r-1	2
Error experimental	(t-1)(r-1)	6

Para el análisis estadístico, se realizó un Anova y una prueba de medias de Tukey al 5%, empleando el software estadístico de InfoStat.

Volumen específico

El volumen específico fue determinado mediante el método de desplazamiento de semillas, calculándose como el cociente entre el volumen del pan, expresado en centímetros cúbicos (cm³), y su masa en gramos (g), de acuerdo con el modelo matemático de volumen-masa (Street, 1991; Weining et al., 2008; Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1980; Murgueytio & Santacruz, 2020). Este volumen específico se obtuvo dividiendo el volumen medido del pan mediante desplazamiento de semillas entre su masa total.

Análisis de textura instrumental

La textura de los panes fue determinada mediante el análisis de perfil de textura utilizando un texturómetro Brookfield CT3 Texture Analyzer (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., MA, EUA) y el software TexturePro CT V1.2 Build 9. Para esta evaluación, los panes se almacenaron durante un día a temperatura ambiente en bolsas de polietileno y posteriormente se rebanaron transversalmente con un cuchillo en rodajas de 2,5 cm de espesor. Cada rebanada se colocó en el texturómetro y se analizó la textura de la miga siguiendo las especificaciones del fabricante (Shimadzu, Japón) para un análisis de perfil de textura. Las condiciones de calibración incluyeron una compresión del 40 %; uso de una sonda de 25,4 mm de diámetro; celda de carga de 10000 g de fuerza; carga de activación de 5,0 g de fuerza; velocidad de ensayo de 1,67 mm s⁻¹; velocidad pre y post-ensayo de 2 mm s⁻¹; tiempo de recuperación de 12 s; y ciclos de compresión de dos repeticiones, registrando la fuerza aplicada durante la compresión. Los parámetros evaluados en el análisis incluyeron dureza, cohesividad, masticabilidad y elasticidad (Luigina et al., 2014).

Estructura de la miga

222 Las características de la miga fueron determinadas mediante análisis de imágenes
223 digitales según Sciarini (2011). Se escaneó una sección transversal de una muestra de pan
224 (escáner Epson, Epson America, Inc., Long Beach CA, EE. UU.) y una sección de la
225 imagen escaneada se analizó con un software Image J 1.48f (National Health Institute,
226 EE. UU.). Los resultados obtenidos fueron cargados y analizados mediante el software
227 PeakFit v4 (Jandel Scientific, San Rafael, EE.UU.). Se determinó el número de alveolos
228 en la superficie análisis, porcentaje de área cubierta por los alveolos y el tamaño promedio
229 de los alvéolos.

230 **Análisis sensorial**

231 Para determinar las características sensoriales se trabajó con un panel semi entrenado de
232 la Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica Eloy Alfaro de
233 Manabí. Primeramente, se realizará una prueba dúo trío (Hernandez, 2005.) para
234 establecer diferencias entre el pan de quinoa con un control de harina de trigo.
235 Seguidamente, las características del pan de quinoa como apariencia, color, sabor, textura
236 y aroma se evaluarán haciendo uso de una escala hedónica adaptada de 9 puntos desde la
237 menor valoración (1=me disgusta mucho) hasta la máxima puntuación (9= me gusta
238 mucho). (Hernandez, 2005.) La evaluación sensorial es un aspecto clave para determinar
239 la preferencia de los consumidores hacia un producto, ya que involucra la valoración de
240 características como el sabor, la textura, el aroma y el color del pan. En este estudio, la
241 evaluación sensorial se llevó a cabo con la participación de 12 panelistas semientrenados,

242 Los panelistas evaluaron características como el color, la textura, el sabor, la miga, el
243 aroma y la generalidad del pan, utilizando una escala de puntuación predefinida.

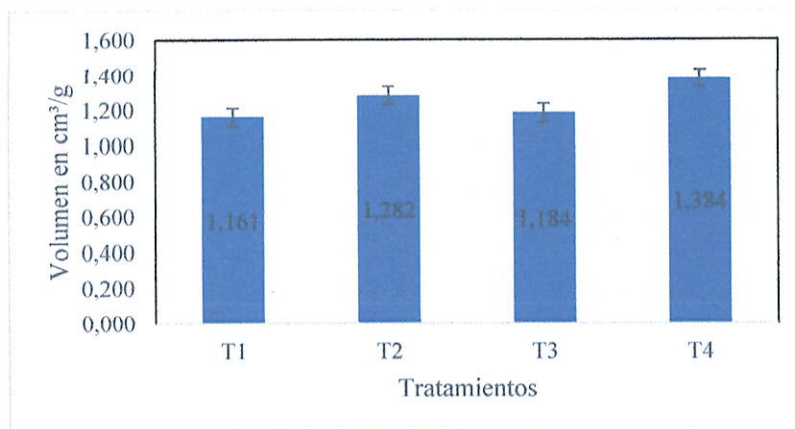
244 **Resultados y discusión**

245 **Volumen específico**

246 El análisis del volumen específico no reveló diferencias entre los tratamientos (figura 1)
247 ($p > 0,05$). El Tratamiento 4 presentó el mayor valor, $1,384 \text{ cm}^3/\text{g}$, seguido del
248 Tratamiento 2 ($1,282 \text{ cm}^3/\text{g}$), mientras que el Tratamiento 3 y el Tratamiento 1 mostraron
249 valores menores, de $1,184 \text{ cm}^3/\text{g}$ y $1,161 \text{ cm}^3/\text{g}$, ($p > 0,05$) respectivamente. Este resultado
250 podría explicarse por el comportamiento funcional de las harinas de quinoa, cuya
251 estructura proteica y contenido de almidón, independientemente de su estado fermentado
252 o cocido, contribuyen de manera similar a la retención de gases y al desarrollo de la miga
253 durante la fermentación y el horneado (Luz *et al.*, 2022). En particular, durante la
254 fermentación, se generan compuestos como ácidos orgánicos que interactúan con los
255 almidones, fortaleciendo la red de gelificación y proporcionando mayor flexibilidad a la
256 masa (Dorado *et al.*, 2024). Esta propiedad es crucial en panes sin gluten, ya que
257 compensa la ausencia de gluten contribuyendo al desarrollo de volumen. La influencia de
258 las modificaciones estructurales de las harinas cocidas y fermentadas, como la
259 gelatinización del almidón en las cocidas o la producción de metabolitos en las
260 fermentadas, pudo haber sido insuficiente para generar diferencias en la capacidad de
261 retención de gases (Villar, 2021). Además, es posible que las proporciones utilizadas de
262 harina cocida y fermentada hayan estado dentro de un rango en el que los efectos de
263 ambos tratamientos se equilibraron. Por ejemplo, la harina cocida puede haber
264 proporcionado una matriz más estable debido a la gelatinización parcial de almidón,

265 mientras que los compuestos generados durante la fermentación pudieron haber mejorado
266 el desarrollo de la masa, compensando cualquier diferencia que pudiera haber surgido por
267 la variación en las proporciones.

268



269

270

Figura 1. Volumen específico de pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida.

271 **Análisis textura instrumental**

272 En la figura 2, el análisis de dureza, se observaron diferencias entre los tratamientos, con
273 valores que oscilaron entre 10,461 N (Tratamiento 4) y 16,314 N (Tratamiento 1) ($p >$
274 $0,05$). La menor dureza observada en el Tratamiento 4 puede atribuirse a la mayor
275 proporción de harina fermentada (50 %) y la menor cantidad de harina cocida (25 %)
276 (Rodríguez, 2024). La fermentación mejora la matriz proteica del pan sin gluten al generar
277 compuestos que ablandan la miga, como ácidos orgánicos y enzimas que degradan
278 parcialmente los polisacáridos estructurales (Moroni et al., 2009). Además, la menor
279 proporción de harina cocida podría haber reducido la densidad de la masa, permitiendo
280 una estructura más porosa y menos compacta, lo que resulta en una textura más suave.
281 Por otro lado, los tratamientos con mayor dureza, como el Tratamiento 1, se ven afectados
282 por el uso equilibrado de harina fermentada y cocida (35 % cada una), lo que puede haber
283 limitado el desarrollo de una estructura ligera y aireada, incrementando la rigidez de la
284 miga. Esto coincide con investigaciones previas que indican que la fermentación
285 prolongada y adecuada es crucial para mejorar la suavidad de los panes sin gluten
286 (Gebremedihin, & Abera, 2017). En este contexto, el Tratamiento 4 es nuevamente el más
287 destacado, ofreciendo una dureza significativamente menor, lo que lo convierte en la
288 opción más adecuada para consumidores que prefieren una textura más suave en panes
289 sin gluten.

290

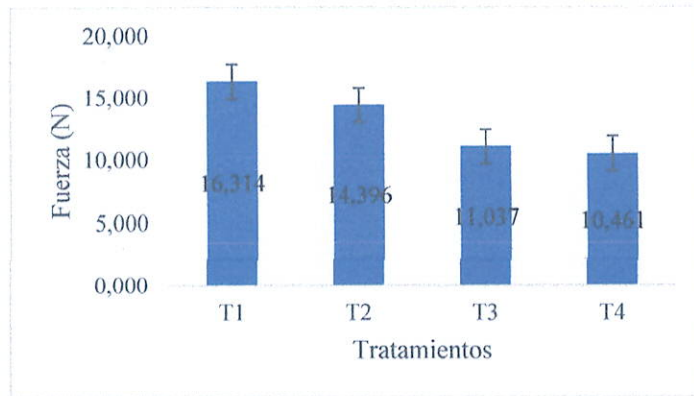


Figura 2. Dureza de pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida.

291

292

293 Cohesividad

294 En la figura 3, los resultados del análisis de cohesividad mostraron valores que variaron
 295 entre 0,240 (Tratamiento 2) y 0,650 (Tratamiento 4), evidenciando una mayor
 296 cohesividad del Tratamiento 4 en esta categoría. Se observó una mayor cohesividad en
 297 los tratamientos con mayor proporción de harina fermentada. Este resultado puede
 298 atribuirse a los efectos de la fermentación en la red de almidón y proteínas de las harinas
 299 sin gluten, que promueve una matriz más uniforme y estructurada, aumentando la
 300 resistencia interna de la miga (Ronda et al., 2015). En contraste, el Tratamiento 2, que
 301 mostró el menor valor de cohesividad, podría deberse a que la harina cocida tiende a
 302 desestructurar parcialmente los almidones y proteínas, reduciendo su capacidad para
 303 formar enlaces estables y homogéneos (Capriles & Areas, 2016)

304

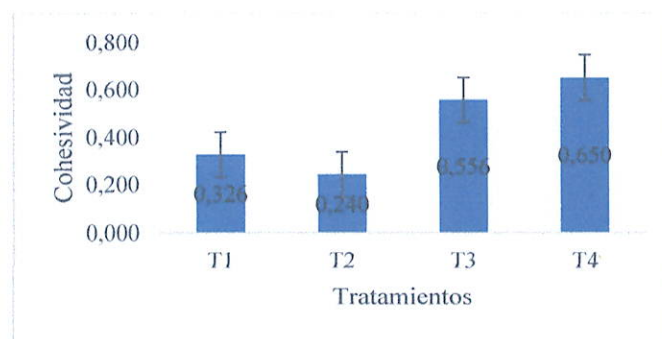


Figura 3. Cohesividad de pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida.

305

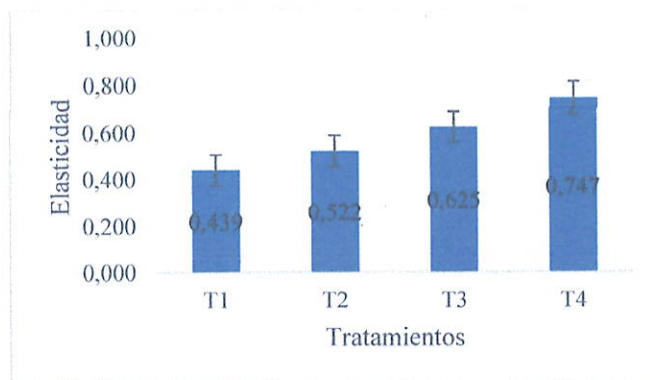
306

307 Elasticidad

308 En la figura 4 el análisis de elasticidad, los valores oscilaron entre 0,439 (Tratamiento 1)
 309 y 0,747 (Tratamiento 4) ($p > 0,05$), con una clara tendencia hacia una mayor elasticidad
 310 en los tratamientos con una proporción más alta de harina fermentada. Los resultados
 311 destacan al Tratamiento 4 como el de mayor elasticidad lo que quiere decir que a
 312 deformarse más y volver a su posición original, característica propia de los panes de trigo.
 313 El Tratamiento con la elasticidad más alta puede explicarse por los beneficios de la
 314 fermentación en la estructura de la miga. Durante la fermentación, se generan compuestos
 315 como ácidos orgánicos que interactúan con los almidones, fortaleciendo la red de
 316 gelificación y proporcionando mayor flexibilidad a la masa (Dorado et al., 2024). Esta

317 propiedad es crucial en panes sin gluten, ya que compensa la ausencia de gluten al mejorar
318 la cohesión y elasticidad de la miga.

319



320

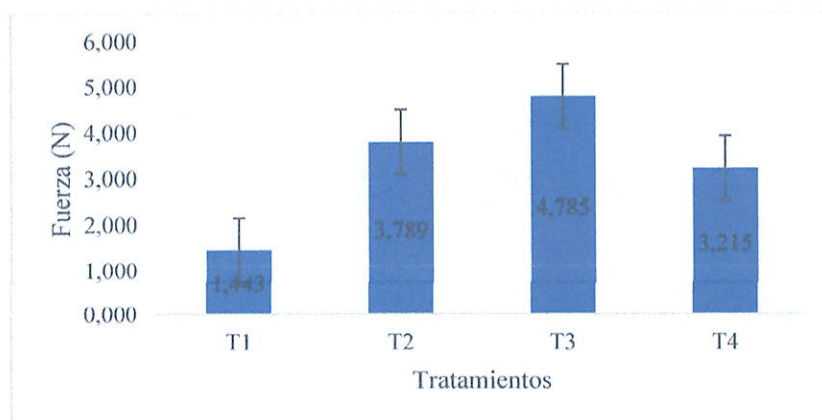
321

Figura 4. Elasticidad de pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida.

322 Masticabilidad

323 En la figura 5 el análisis de masticabilidad, los valores variaron entre 1,443 (Tratamiento
324 1) y 4,785 (Tratamiento 3). Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p >$
325 0,05). El Tratamiento 3, con la masticabilidad más alta, puede atribuir su valor a una
326 mayor proporción de harina cocida, lo que contribuye a una red más compacta, debido al
327 efecto gelificante de los almidones gelatinizados, lo que incrementa la fuerza necesaria
328 para desintegrar la miga durante la masticación (Capriles & Arêas, 2016).

329



330

331

Figura 5. Masticabilidad de pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida.

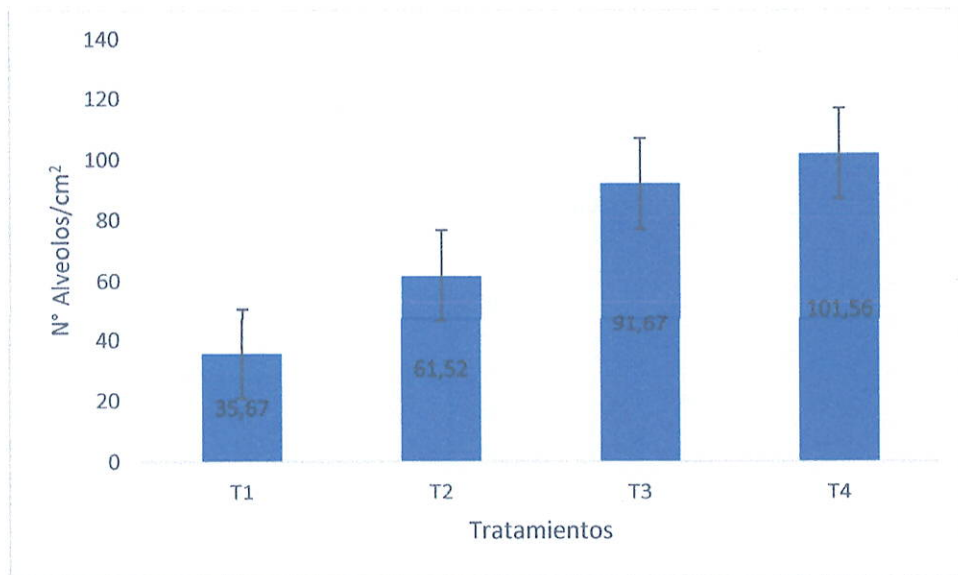
332 Miga

333 En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos para el número de alveolos en una
334 superficie de 9 cm² mostraron una variación significativa entre los tratamientos, desde
335 35.67 alveolos/cm² en el Tratamiento 1 hasta 101.56 alveolos/cm² en el Tratamiento 4.
336 Para analizar la distribución de los alveolos por unidad de superficie, se estimó que la
337 superficie promedio de cada pan fue de 9 cm². Estos valores muestran que el Tratamiento
338 4, con la mayor cantidad de alveolos por unidad de superficie, resultó en una miga más
339 aireada y uniforme, lo que puede atribuirse a su mayor proporción de harina fermentada

340 (50 %), que favorece la producción de dióxido de carbono durante la fermentación y
341 mejora la elasticidad de la masa, permitiendo una mejor retención de los gases formados
342 (Katina et al., 2006).

343 Por otro lado, el Tratamiento 1 presentó el menor número de alveolos, lo que indica una
344 miga más compacta. Esto podría explicarse por el menor contenido de harina fermentada
345 y el equilibrio entre las harinas fermentada y cocida, que no favoreció de manera óptima
346 la formación de una estructura aireada. Este comportamiento es consistente con estudios
347 previos que sugieren que una fermentación insuficiente puede limitar la expansión
348 adecuada de la miga en panes sin gluten (Ronda et al., 2015).

349



350

351

Figura 6. Numero de alveolos en pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida.

352 En la figura 7 se observa el porcentaje de área cubierta por alveolos es un indicador clave
353 de la calidad de la miga, ya que refleja el grado de aireación y la estructura interna del
354 pan. En este estudio, los valores obtenidos para el área cubierta por alveolos variaron
355 significativamente entre los tratamientos, con un rango que fue desde 16,723 % en el
356 Tratamiento 1 hasta 41,774 % en el Tratamiento 4. El Tratamiento 4 mostró una miga con
357 una mayor cantidad de alveolos distribuidos uniformemente, lo que sugiere una estructura
358 más aireada y ligera. Esto puede atribuirse a la mayor proporción de harina fermentada
359 (50 %), que promueve una mejor retención de gas durante el proceso de fermentación,
360 favoreciendo la expansión de la miga. La fermentación mejora la formación de burbujas
361 de gas dentro de la masa, lo que genera una miga más ligera y con mayor área cubierta
362 por alveolos (Katina et al., 2006).

363

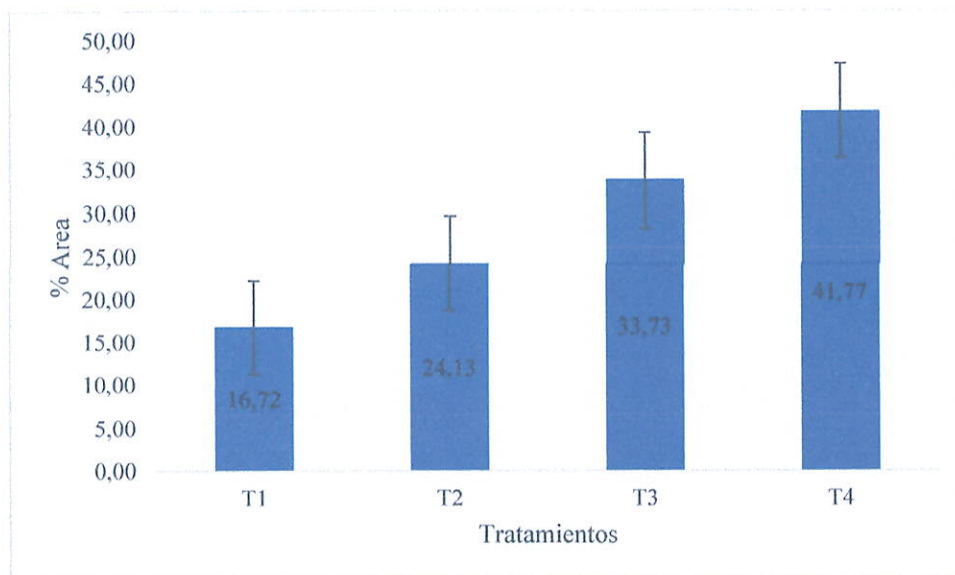


Figura 7. Porcentaje de area cubierta por alveolos en pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida.

364

365

366 En la figura 8, los resultados obtenidos mostraron una variación significativa entre los
 367 tratamientos, con el Tratamiento 1 alcanzando un tamaño promedio de alveolos de 53,358
 368 μm , y el Tratamiento 4 alcanzando 110,536 μm .

369 En cuanto al número de alveolos, el tratamiento 4, con la mayor proporción de harina
 370 cocida, presentó el valor más elevado (943), seguido del tratamiento 3 con 825 alveolos.
 371 Este resultado evidencia que las masas con mayores proporciones de harina cocida
 372 favorecen una mayor capacidad para formar burbujas de aire, debido probablemente a la
 373 gelatinización parcial del almidón, que mejora la retención de gases durante el horneado
 374 (Orlandini, 2021). Sin embargo, estas burbujas no siempre se tradujeron en alveolos
 375 uniformes, como lo demuestra el análisis del tamaño promedio.

376 El tratamiento 1 presentó el menor tamaño promedio de alveolos (53,358 μm), mientras
 377 que el tratamiento 4 tuvo los alveolos más grandes (110,53 μm). Este contraste puede
 378 explicarse por la mayor cantidad de harina cocida en T4, que tiende a aumentar la
 379 elasticidad de la masa, permitiendo la formación de alveolos más grandes, pero menos
 380 numerosos, lo que dio lugar a una estructura más abierta y heterogénea.

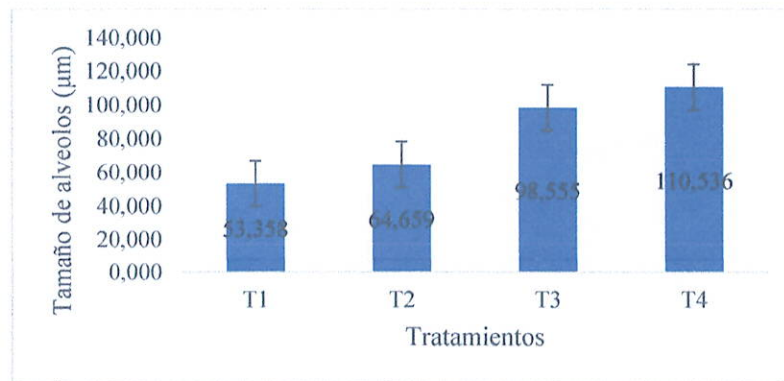
381 El tratamiento 3, con una proporción intermedia de harina fermentada y cocida, mostró
 382 valores intermedios del número de alveolos (825) y el tamaño promedio (98,555 μm).
 383 Esta combinación podría dar como resultado una estructura más uniforme, lo que
 384 repercute en las características sensoriales. Esto se alinea con la literatura que sugiere que
 385 la fermentación mejora la retención de gas, mientras que la harina cocida aporta
 386 estabilidad a la red de almidón (Céspedes, 2021).

387 El tratamiento 2 también presentó resultados intermedios, con un número considerable
 388 de alveolos (553,67) y un tamaño promedio más grande que el T1 (64,659 μm). Sin
 389 embargo, el equilibrio no fue tan favorable como en T3, lo que podría reflejarse en una
 390 textura menos homogénea y aireada.

391 En general, los resultados sugieren que la interacción entre el número y tamaño de
 392 alveolos es crítica para determinar la calidad sensorial del pan sin gluten. Aunque T4

393 presentó la mayor cantidad de alveolos, su gran tamaño podría ser percibido como menos
394 atractivo por los consumidores, debido a una textura más densa. Estos hallazgos refuerzan
395 la importancia de optimizar la proporción de harina fermentada y cocida en formulaciones
396 sin gluten para obtener características comparables a las del pan convencional, como una
397 estructura uniforme y una textura ligera y aireada (Rodríguez, 2021).

398



399

400

Figura 8. Tamaño promedio de alveolos en pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida.

401 **Ponderación**

402 Con el fin de identificar cuál es el tratamiento que ha obtenido las mejores características
403 se procedió a realizar una ponderación (Tabla 4). El mejor tratamiento de la ponderación
404 se sometió a una evaluación sensorial. Se ordenó dependiendo de la importancia del
405 parámetro de acorde a las características que queremos dar a nuestro pan. Siendo así la
406 cohesividad la de menor importancia con un valor de 1 punto masticabilidad 2 puntos,
407 tamaño de los alveolos 3 puntos, numero de alveolos 4 puntos, % de área 5 puntos,
408 elasticidad 6 puntos, dureza 7 puntos y volumen específico 8 puntos. Justificando la
409 calificación decimos que; La cohesividad, que mide la capacidad de la masa para
410 mantenerse unida tras ser comprimida, tiene menor relevancia en este caso porque no
411 influye de manera significativa en las características deseadas en el pan final, como el
412 volumen o la estructura interna. Aunque es importante para la percepción de textura, su
413 influencia es secundaria comparada con otros parámetros; En la masticabilidad en este
414 parámetro, que refleja la cantidad de trabajo necesario para romper el alimento antes de
415 tragarlo, tiene un peso moderado porque una masticabilidad adecuada contribuye a la
416 aceptación sensorial del pan. Sin embargo, no es prioritario en comparación con atributos
417 como el volumen específico o la elasticidad, que determinan la percepción inicial del
418 producto. El tamaño de los alveolos afecta la textura y la percepción visual del pan, pero
419 su relevancia es intermedia, ya que lo más importante es el equilibrio con el número de
420 alveolos para lograr una estructura interna uniforme y aireada; El número de alveolos,
421 este parámetro tiene mayor importancia porque un mayor número de alveolos, bien
422 distribuidos, está asociado con una textura ligera y homogénea, características deseadas
423 en un pan sin gluten que busca asemejarse al pan tradicional; % de área ocupada por
424 alveolos este indicador mide qué tanto espacio interno del pan está ocupado por los
425 alveolos y está directamente relacionado con la percepción de ligereza y aireación. Un
426 pan con un porcentaje adecuado de área alveolar es más atractivo sensorialmente; La

427 elasticidad es crucial en panes sin gluten porque está relacionada con la capacidad de la
 428 miga para recuperarse tras la compresión, lo que mejora la percepción de frescura. Su
 429 importancia es superior a la de parámetros como la cohesividad o el tamaño de los
 430 alveolos, ya que influye directamente en la textura y aceptación; La dureza mide la
 431 resistencia inicial al ser comprimido y es fundamental para determinar la sensación en
 432 boca. Un pan demasiado duro o blando puede ser menos aceptado, por lo que este
 433 parámetro es decisivo para lograr un balance adecuado entre firmeza y suavidad; En el
 434 volumen específico este es el parámetro más importante, ya que un buen volumen
 435 específico es un indicador clave de la calidad del pan, especialmente en productos sin
 436 gluten, donde es más difícil lograr una expansión adecuada. El volumen específico influye
 437 tanto en la apariencia como en la textura del pan, aspectos críticos para la aceptación del
 438 consumidor.

439

440 Tabla 4. Ponderación de pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida

Parámetro	Valor de ponderación
Vol.esp	8
Dureza	7
Elasticidad	6
% area	5
N° alveolos	4
Tamaño	3
Masticabilidad	2
Cohesividad	1

441

442 La ponderación es una medida integral que evalúa el rendimiento global de un tratamiento
 443 en función de varios parámetros sensoriales y físicos del pan, como el volumen, la textura,
 444 la cohesividad, entre otros. En este estudio, el tratamiento cuatro, compuesto por una
 445 mezcla de 50 % de harina fermentada y 25 % de harina cocida, resultó ser el mejor en
 446 términos de ponderación (Tabla 5) dado que obtuvo el mejor resultado con una
 447 calificación de 33 puntos sobre los 36 totales que sería la puntuación máxima, seguido de
 448 los tratamientos 3, 2 y 1, con menores calificaciones.

449

450 Tabla 5. Ponderación de pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida

TRATAMIENTOS	V	D	E	%	#	T	M	C	TOTAL
1	0	0	0	0	0	3	2	0	5

2	8	0	0	0	0	3	0	0	11
3	0	7	6	5	4	0	0	1	23
4	8	7	6	5	4	0	2	1	33

V= volumen específico, D= dureza, E= elasticidad, %= porcentaje de área, #= n° de alveolos, T= tamaño, M=masticabilidad, C= cohesividad.

451
452

453 Evaluación sensorial

454 Se observa los resultados del tratamiento cuatro, compuesto por 50 % de harina
455 fermentada y 25 % de harina cocida, obtuvo calificaciones en el rango del gusto por el
456 pan en todos los atributos evaluados. Los resultados (Tabla 6) muestran que la calificación
457 en textura fue de me gusta mucho, la de aroma fue me gusta moderadamente, la de color
458 me gusta moderadamente y la de sabor me gusta moderadamente. Los resultados sugieren
459 que la combinación del tratamiento 4 de harina fermentada y cocida optimiza la calidad
460 sensorial del pan sin gluten, logrando que tenga más preferencia por los consumidores.

461

Tabla 6. Análisis sensorial de pan a base de harina de quinoa fermentada y cocida

462

	SABOR	COLOR	AROMA	TEXTURA
Me gusta muchísimo	0	3	1	2
Me gusta mucho	2	2	4	5
Me gusta moderadamente	5	5	4	2
Me gusta un poco	4	1	3	3
Ni me gusta ni me disgusta	1	1	0	0
Me disgusta un poco	0	0	0	0
Me disgusta moderadamente	0	0	0	0
Me disgusta mucho	0	0	0	0
Me disgusta muchísimo	0	0	0	0

463

464

465 El análisis de las características sensoriales del pan sin gluten a base de harina de quinoa
466 (*Chenopodium quinoa*) permitió identificar el impacto significativo de las proporciones
467 de harina fermentada y cocida en los atributos organolépticos del producto. Los resultados
468 obtenidos en los cuatro tratamientos demuestran que las modificaciones en la
469 composición de las harinas influyen de manera directa en la calidad percibida del pan.
470 Estas observaciones son consistentes con estudios previos que destacan la importancia de
471 las técnicas de fermentación y cocción en la mejora de la textura, sabor y aceptabilidad
472 de productos libres de gluten (Zegarra *et al.*, 2019).

473 El análisis sensorial realizado al Tratamiento 4 reafirma su potencial como el mejor
474 tratamiento, no solo por su preferencia general, sino también por su capacidad para
475 satisfacer las expectativas de los consumidores con requerimientos dietéticos específicos,
476 como personas con enfermedad celíaca. Lo que apuntala que, el Tratamiento 4 mostró la

477 mejor calidad en términos de aireación y uniformidad de la miga, destacándose por su
478 mayor cantidad de alveolos, lo que mejora significativamente las características
479 sensoriales y la aceptación del producto final. Este hallazgo coincide con investigaciones
480 que han demostrado la preferencia del consumidor por productos libres de gluten que
481 simulen las propiedades sensoriales de los panes tradicionales (Zegarra *et al.*, 2019).

482 **Conclusión**

483 El estudio sobre las características sensoriales y físicos del pan sin gluten elaborado a
484 base de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) permitió identificar al tratamiento cuatro
485 (T4: 50 % de harina fermentada y 25 % de harina cocida) como el más óptimo. Este
486 tratamiento destacó por combinar de manera efectiva las proporciones de harina
487 fermentada y cocida, logrando características superiores en los análisis físicos realizados.

488 El análisis de volumen específico mostró que T4 presentó el mayor valor, resultado de
489 una adecuada formación de estructura interna que permitió la retención de gases durante
490 el horneado, generando un pan ligero y aireado. Este atributo fue clave para la aceptación
491 visual y para mejorar la percepción de frescura del producto.

492 En cuanto a la textura instrumental, el tratamiento cuatro se caracterizó por una dureza
493 moderada, acompañada de niveles superiores de cohesividad y elasticidad. Estas
494 propiedades permitieron que el pan tuviera una textura uniforme y agradable tanto al tacto
495 como al consumo, siendo menos quebradizo y más resiliente frente a la compresión. La
496 cohesividad y masticabilidad destacaron especialmente, garantizando una sensación
497 uniforme en boca y una experiencia sensorial cercana a la de los panes tradicionales.

498 El análisis de estructura de la miga mediante imágenes digitales confirmó que T4 tuvo un
499 mejor número y distribución de alveolos, con una mayor proporción de área cubierta por
500 estos. Esto contribuyó a una miga suave y estructurada, mejorando su apariencia y
501 funcionalidad.

502 Finalmente, los resultados del análisis sensorial mostraron que el tratamiento cuatro
503 obtuvo las calificaciones moderadamente altas en todos los atributos evaluados. Las
504 puntuaciones en color, textura, sabor, aroma y apariencia general indicaron una alta
505 aceptación, siendo estos factores determinantes para el éxito del producto entre
506 consumidores con necesidades dietéticas específicas.

507 En conclusión, el tratamiento cuatro no solo superó a los demás en las pruebas
508 fisicoquímicas, sino que también obtuvo una excelente valoración sensorial. Esto
509 demuestra que la proporción de 50 % de harina fermentada y 25 % de harina cocida es
510 ideal para maximizar las propiedades funcionales de la harina de quinoa en la panificación
511 sin gluten.

512

513 **Bibliografía**

- 514 Arendt, E. K., Ryan, L. A., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture
515 of bread. *Food microbiology*, 24(2), 165-174.
516 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002006001614>
- 517 Cáceres, R. (2023). Elaboración de pan para celíacos con harinas de quinua
518 (*Chenopodium Quinoa Willd*) y maíz (*Zea Mays*), y evaluación comparativa de
519 algunas de sus propiedades fisicoquímicas con las del pan de harina de trigo
520 (*Triticum Durum* L.).
521 <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/8692>
- 522 Capriles, D., & Areas, G. (2016). Approaches to reduce the glycemic response of gluten-
523 free products: In vivo and in vitro studies. *Food & Function*, 7(3), 1266-1272.
524 <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/fo/c5fo01264c/unauth>
- 525 Cerda, L., Cerda, V., Rosales, P., Miranda, M., & Martínez, P. (2017). Proteína de harinas
526 de maíz, cebada, quinua, trigo nacional y papa: características y funcionalidad
527 como sustitutos de la proteína de harina de trigo importado en la producción de
528 pan y fideos. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(3), 201-216.
529 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413712>
- 530 Céspedes, C. (2021). Evaluación de las características nutricionales, físicas y sensoriales
531 del pan molde con sustitución parcial de harina de basul (*Erythrina edulis*)
532 germinado. <https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/985>
- 533 Choque, L., & Neira, M. (2017). Efecto de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*
534 *willd*) en la formulación de pan sin gluten con transglutaminasa e
535 hidroxipropilmetilcelulosa. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/a72ddeca-a1d9-435e-83cf-de949f695883>
- 537 Dorado, G., Olivas, L., Sánchez, P., Hidalgo, P., Moreno, R., & Madrigales-Reátiga, L.
538 (2024). EN PRENSA" Elaboración de harina de amaranto extrudido como
539 ingrediente para la elaboración de pan libre de gluten" EN PRENSA: Pan sin
540 gluten fortificado con amaranto. *Revista Bio Ciencias*.
541 [https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/16](https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/1695)
542 95
- 543 Luz, P. R. A., Carolina, T. R., Elverling, T. B., Enrique, B. R. G., & Ronald, M. F. (2022).
544 Propiedades reológicas de un producto de galletería a base de harina de quinua

545 (Chenopodium quinua). *Revista@ limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria.*
546 *ISSN Impreso, 1692-7125.* <https://acortar.link/wUlcU0>

547 Falconí, P., Parra, M., Núñez, Z., & Guevara, V. (2024). Chocho, quinua, haba y maíz
548 como materias primas para la elaboración de harinas. *Polo del*
549 *Conocimiento, 9(2),* 147-174.
550 <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6515>

551 García G., Alarcón T., Ramírez B., Moreno, E., Arroyo, P., & Figueroa, S. (2024).
552 Evaluación fisicoquímica y sensorial de un pan libre de gluten a base de
553 pseudocereales y subproducto de la agroindustria. *European Public & Social*
554 *Innovation Review, 9,* 1-16. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1172>

555 García, F. (2021). Determinación de la vida útil del pan de molde libre de gluten con
556 quinua (Chenopodium quinoa).
557 [https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/76709a57-d4f4-45dd-b36e-](https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/76709a57-d4f4-45dd-b36e-a5eed7c13b5e)
558 [a5eed7c13b5e](https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/76709a57-d4f4-45dd-b36e-a5eed7c13b5e)

559 Gebremedihin, B., & Abera, G. (2024). Quality assessment of gluten-free sorghum bread
560 prepared with sourdough and the addition of sweet lupin flour. *CyTA-Journal of*
561 *Food, 22(1), 2397022.* <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2397022>

562

563 Hernández, E. (2005). Evaluación sensorial. *Bogotá, DC. Centro Nacional de Medios*
564 *para el Aprendizaje.* <https://acortar.link/G1no2r>

565 Katina, K., Heiniö, R. L., Autio, K., & Poutanen, K. (2006). Optimization of sourdough
566 process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT-Food*
567 *Science and Technology, 39(10),* 1189-1202.
568 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.08.001>

569 Luigina, E., Riofrío, M., & Santacruz, S. (2014). Utilización de ácido láctico y harina de
570 quinua (Chenopodium quinoa Willd.) extrudida en la elaboración de pan sin
571 gluten. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO Colegio de Ciencias e
572 Ingeniería. <https://core.ac.uk/download/pdf/147376074.pdf>

573 Martínez, J. N., & Jalilie, S. P. (2020). Elaboración y caracterización de pan de molde a
574 base de harina de chía (salvia hispánica l.) y quinua (Chenopodium quinoa

575 wild). *Revista* *Gipama*, 2(1), 44-53.
576 <https://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/view/3236>

577 Moroni, V., Dal Bello, F., & Arendt, K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making:
578 an ancient technology to solve a novel issue?. *Food microbiology*, 26(7), 676-684.
579 <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.001>

580 Murgueytio, E., & Santacruz, S. (2020). Volume, firmness and crumb characteristics of
581 gluten-free bread based on extruded quinoa flour and lactic acid. *Brazilian*
582 *Journal of Food Technology*, 23, e2019220. [https://doi.org/10.1590/1981-](https://doi.org/10.1590/1981-6723.22019)
583 [6723.22019](https://doi.org/10.1590/1981-6723.22019)

584 Orlandini, M. (2022). Efecto de la adición de harina de arroz modificada mediante altas
585 presiones hidrostáticas en la calidad del pan sin gluten.
586 <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/55687>

587 Villar, N. (2021). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir
588 de semillas de quinoa. <http://hdl.handle.net/10251/175400>

589 Rodríguez, E. (2021). Evaluación del grado de sustitución de la harina de trigo (*Triticum*
590 *durum* L.) por harina de loche (*Cucurbita moschata* Duch.) en la elaboración de
591 pan de molde. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8220>

592 Rodríguez, H. (2024). Efecto de la sustitución parcial de la harina de arroz (*Oriza sativa*)
593 por harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) variedad Hartón y harina de quinua
594 (*Chenopodium quinoa* Willd) sobre las características fisicoquímicas y
595 aceptabilidad general en galletas dulces sin gluten.
596 <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/17872>

597 Ronda, F., Perez-Quirce, S., Lazaridou, A., & Biliaderis, C. G. (2015). Effect of barley
598 and oat β -glucan concentrates on gluten-free rice-based doughs and bread
599 characteristics. *Food hydrocolloids*, 48, 197-207.
600 <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.031>

601 Schoenlechner, R., Bender, D., D'Amico, S., Kinner, M., Tömösközi, S., &
602 Yamsaengsung, R. (2023). Dry Fractionation and Gluten-Free Sourdough Bread
603 Baking from Quinoa and Sorghum. *Foods*, 12(16). [https://www.mdpi.com/2304-](https://www.mdpi.com/2304-8158/12/16/3125)
604 [8158/12/16/3125](https://www.mdpi.com/2304-8158/12/16/3125)

- 605 Suárez, E. (2024). *Efecto del tiempo de fermentación de la masa madre sobre las*
606 *características organolépticas del pan tipo tapado* (Bachelor's thesis,
607 Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
608 y Biotecnología. Carrera de Alimentos). [https://www.mdpi.com/2304-](https://www.mdpi.com/2304-8158/12/16/3125)
609 [8158/12/16/3125](https://www.mdpi.com/2304-8158/12/16/3125)
- 610 Vasquez, F., Verdú, S., Islas, R., Barat, M., & Grau, R. (2016). Efecto de la sustitución
611 de harina de trigo con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) sobre las
612 propiedades reológicas de la masa y texturales del pan. *Revista iberoamericana*
613 *de tecnología postcosecha*, 17(2), 307-317.
614 <https://riunet.upv.es/handle/10251/113263>
- 615 Verdú, S., Islas, A., & Cordero, D. (n.d.). *Utilizacion de fibra de avena con diferente*
616 *tamaño de particula en panificacion: efecto reologico y textural*.
617 <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.1954>
- 618 Zegarra, S., Muñoz, A., & Ramos, F. (2019). Elaboración de un pan libre de gluten a base
619 de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la
620 aceptabilidad sensorial. *Revista chilena de nutrición*, 46(5), 561-570.
621 <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>
- 622