



ARTÍCULO DE  
INVESTIGACIÓN

# OBTENCIÓN DE HARINA MALTEADA A PARTIR DE QUINUA NEGRA POR EL MÉTODO DE SECADO DE ESTUFA Y VACÍO

OBTAINING MALTED FLOUR FROM BLACK QUINOA  
BY THE STOVE AND VACUUM DRYING METHOD

---

Fecha de recepción: 11/10/2024 | Fecha de aceptación: 19/12/2024

Ramírez Ruiz Erick<sup>1</sup>  
López Calle Gustavo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero en Alimentos, Docente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos  
de la Facultad Ciencias y Tecnología, U.A.J.M.S.

<sup>1</sup>Graduado de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, U.A.J.M.S.

**Correspondencia de los autores:** ramirezruiz@yahoo.com.ar<sup>1</sup>, lopezcallegustavo591@gmail.com<sup>2</sup>  
Tarija - Bolivia

## RESUMEN

El objetivo del trabajo es obtener harina malteada a base de quinua negra, mediante el secado por estufa y vacío. Los análisis fisicoquímicos del grano de quinua negra contienen cenizas 3,42%; fibra 7,34%; grasa 4,13%; hidratos de carbono 64,35%; humedad 8,69%; proteína total 12,07%; valor energético 342,85 Kcal/100g, calcio 46,0 mg/100 g; fósforo 813,0 mg/100 g y hierro 5,5 mg/100 g. Los análisis microbiológicos de bacterias aerobias mesófilas 1,6x10<sup>2</sup> UFC/g; coliformes totales <1,0x10<sup>1</sup> UFC/g; y mohos-levaduras 3,0x10<sup>2</sup> UFC/g.

El proceso de germinación del grano de quinua entre (40 – 45) % humedad, temperatura (25-35) °C y tiempos 24h, 48h, 72h y controlando el crecimiento de la radícula (mm). En donde los factores óptimos fueron temperatura 35°C y tiempo de 16 h para obtener la mayor cantidad de calcio (mg/100g) y porcentaje de proteína (%).

El diseño experimental 22 fue aplicado en el proceso de germinación se realizó a humedad 40 %, donde las variables fueron temperatura (25 – 35) % y tiempo (8 – 16) h. El método de secado que se aplicaron fue con estufa y vacío. La variable respuesta es el contenido de proteína total (%) y calcio (mg/100 g) para la obtención de harina malteada de quinua negra.

Se realizó la clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra, utilizando tamices de la norma UNE-España; con abertura de malla entre (0,25 – 0,50) mm, obteniendo dos tipos de harinas malteadas: semi gruesa (0,5-0,25) mm y fina (menor a 0,25) mm.

Los resultados del análisis fisicoquímico (proteína total) para la harina malteada entera 13,00 %; calcio 50,9 mg/100 g y fósforo 76,4 mg/100 g. Para la harina malteada fina 12,09 %, calcio 56,9 mg/100 g y fósforo 63,0 mg/100 g.

**Palabras Clave:** Quinua negra, harina malteada, germinación, secado vacío, secado estufa, granulometría.

**Keywords:** Black quinoa, malted flour, germination, vacuum drying, oven drying, granulometry.

## ABSTRACT

The objective of the work is to obtain malted flour based on black quinoa, through oven and vacuum drying. The physicochemical analyzes of black quinoa grain contain 3.42% ash; fiber 7.34%; fat 4.13%; carbohydrates 64.35%; humidity 8.69%; total protein 12.07%; energy value 342.85 Kcal/100g, calcium 46.0 mg/100g; phosphorus 813.0 mg/100 g and iron 5.5 mg/100 g. Microbiological analyzes of mesophilic aerobic bacteria 1.6x10<sup>2</sup> CFU/g; total coliforms <1.0x10<sup>1</sup> CFU/g; and molds-yeasts 3.0x10<sup>2</sup> CFU/g.

The germination process of the quinoa grain between (40 – 45) % humidity, temperature (25-35) °C and times 24h, 48h, 72h and controlling the growth of the radicle (mm). Where the optimal factors were temperature 35°C and time of 16 h to obtain the greatest amount of calcium (mg/100g) and percentage of protein (%).

Experimental design 22 was applied in the germination process, which was carried out at 40% humidity, where the variables were temperature (25 – 35) % and time (8 – 16) h. The drying method applied was with an oven and vacuum. The response variable is the content of total protein (%) and calcium (mg/100 g) to obtain malted black quinoa flour.

The granulometric classification of the malted black quinoa flour was carried out, using sieves of the UNE-Spain standard; with mesh opening between (0.25 – 0.50) mm, obtaining two types of malted flours: semi-coarse (0.5-0.25) mm and fine (less than 0.25) mm.

The results of the physicochemical analysis (total protein) for whole malted flour 13.00%; calcium 50.9 mg/100 g and phosphorus 76.4 mg/100 g. For fine malted flour 12.09%, calcium 56.9 mg/100 g and phosphorus 63.0 mg/100 g.

## 1. INTRODUCCIÓN

La quinua, kiuna o jupa (*Chenopodium quinoa* Wild) es una de las numerosas especies que han domesticado los antepasados pertenecientes a culturas como la Incaica, Tiahuanacota y otras (Bonifacio et al, 2012). La quinua de granos negros registra más propiedades alimentarias y medicinales que las blancas y amarillas, incluso porque contiene litio, sustancia recomendada para personas que sufren depresión (Agronoticias, 2019). Entre la diversidad genética de la quinua, destaca la quinua real que se cultiva en la zona del intersalar (salar de Uyuni y Coipasa) y en las áreas de influencia de los salares, se caracteriza por la presencia de saponina y el tamaño grande del grano, adaptándose específicamente en el altiplano sur de Bolivia (Bonifacio et al, 2012).

Los granos malteados ofrecen una alternativa interesante para aumentar el contenido de energía y también de nutrientes en los alimentos destinados a la alimentación infantil (Fríes & Tapia, 1985). El malteado es la germinación controlada de la semilla, seguida por secado igualmente controlado. Durante la germinación se activan las enzimas y se realizan cambios físicos y químicos en el grano produciéndose la liberación de gránulos de almidón a partir de las células del endospermo (Hough, 1990).

La harina de malta de quinua puede sustituir parcialmente a la harina de trigo en productos de panificación, galletería y pastas, incrementado su valor nutritivo. El grano no contiene gluten, lo que faculta su utilización en la preparación de alimentos dietéticos apropiados para personas celiacas, con problemas de sobrepeso (Villacrés et al, 2011). Los niveles de sustitución adecuados en la elaboración de pan y otros productos son variables entre (10 a 50) % (León & Rosell, 2007).

La transformación del grano permite un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas, mejora la disponibilidad de nutrientes, la facilidad de preparación y la presentación de los productos, potenciando

su valor como alimento (Villacrés et al, 2011). Aproximadamente el 80% de la malta es usada en la industria cervecera 14% en productos alcohólicos destilados y 6% en jarabes de malta, leches malteadas concentradas, alimentos para el desayuno sustitutos del café (Espinoza & Quispe, 2013).

## 2. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1.- Materiales

Como materia prima se utilizó quinua negra proveniente del departamento de Oruro. En la Figura 1 se muestra la quinua negra.

Figura 1. Quinua negra



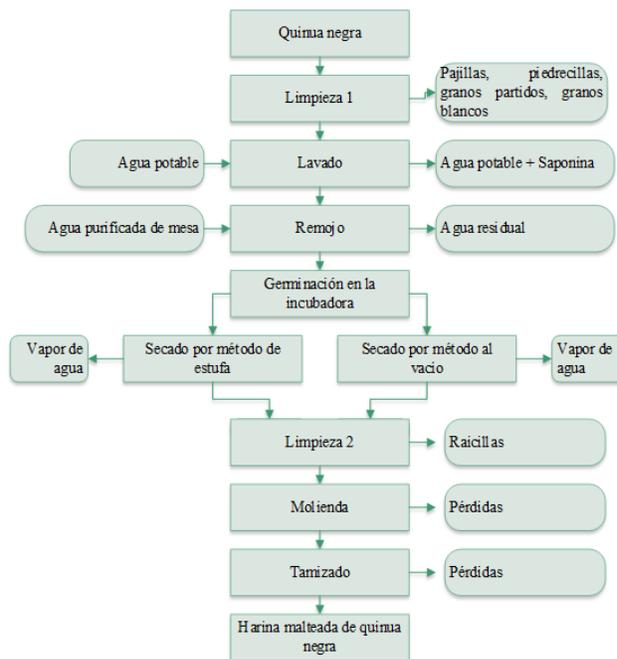
Fuente: Elaboración propia

En el proceso de germinación se utilizaron incubadora marca ESCO modelo IFA-110-8, con volumen interior de 110L; en el proceso de secado se utilizó la estufa y secador al vacío modelo 400-1489 capacidad (47L) rango temperatura (35-200) °C, ambos de la marca SELECTA. Para el proceso de molienda se utilizó molino electrónico con una potencia de 1000 W Rotap eléctrico con juego de tamices en la serie de Talyer Los instrumentos utilizados fueron la balanza de precisión, termobalanza, tamizador y bomba de vacío, etc.

### 2.2.- Diagrama de flujo del proceso

En la Figura 2, se describe el proceso experimental para la obtención de harina malteada a partir de quinua negra.

Figura 2. Diagrama para la obtención de harina malteada de quinua negra



Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1 Quinua negra

La quinua negra que se utilizó en el presente trabajo de investigación, fue adquirida de la comunidad de Cerro Grande del departamento de Oruro-Bolivia. Cuidando que los granos no deben ser almacenados por mucho tiempo, ya que esto limita el brote del grano.

### 2.2.2 Limpieza 1

En este proceso, se retiran las impurezas (pajillas, piedrecillas, granos partidos y granos blancos, etc.) que pueden afectar la calidad de la quinua negra.

### 2.2.3 Lavado

El objetivo de lavar los granos de quinua negra es de eliminar la saponina que tenga presente y eliminar las partículas adherida en la superficie del grano. El proceso de lavado, es realizado con abundante agua potable, por lo menos seis veces hasta que el agua

no produzca espuma y para que no sea amarga y tenga un color claro el grano de quinua y haber eliminado el contenido de la saponina.

### 2.2.4 Remojo

El Remojo del grano de quinua negra, se realiza con agua purificada de mesa, la humedad final requerida para que se active el proceso de crecimiento y desarrollo se encuentra entre (40 y 45) %.

### 2.2.5 Germinación en la incubadora

Para el proceso de germinación, los granos de quinua negra son colocados en recipientes de malla perforada (10x15) cm hasta una altura de por lo menos tenga una altura 1,0cm de altura para no afectar la respiración y son cubiertos con una tela húmeda en la superficie, con el fin de tener una germinación uniforme.

### 2.2.6 Secado de los granos germinados de quinua negra

Este proceso, permite inhibir el proceso de germinación del grano de quinua negra germinado, se realiza por el método de la estufa y al vacío a condiciones controladas:

Método de la estufa: Los granos germinados se colocan en canastillos de acero inoxidable, controlando la temperatura de 50 °C y tiempo de 2 horas.

Método al vacío: Los granos germinados se colocan en canastillos de acero inoxidable, controlando la temperatura de 50 °C y tiempo de 2 horas con una presión interna de 30 mbar.

### 2.2.7 Limpieza 2

Después del proceso de secado, se espera 10 minutos hasta que la quinua negra malteada se enfríe hasta temperatura ambiente 25°C. Posteriormente las raicillas son removidas manualmente mediante frotación entre los granos con otros.

### 2.2.8 Molienda

El proceso de molienda, se realiza en un molino eléctrico con el fin de reducir el tamaño del grano de quinua negra malteada y homogenizar hasta alcanzar la granulometría entre (150 – 600) µm.

### 2.2.9 Tamizado

El proceso de tamizado se realiza utilizando un Rotap eléctrico compuesto por tres tamices con una apertura de malla 0,5 mm y 0,25 mm, en la cual se obtiene harina gruesa (diámetro > 0,5 m/m), harina semi gruesa (diámetro > 0,5 m/m y < 0,25 m/m) y harina fina (diámetro < 0,25 m/m).

### 2.2.10 Harina malteada de quinua negra

La harina malteada de quinua negra, es envasada en bolsas de polipropileno de alta densidad con cierre hermético, con el fin de proteger contra la humedad del ambiente y contaminación ambiental (polvo e insectos). El almacenamiento, es realizado en un lugar oscuro en condiciones ambientales de temperatura entre (15 – 30) °C.

## 2.3.- Metodología Experimental

La metodología utilizada en el presente trabajo es:

### 2.3.1 Análisis físicos del grano de quinua negra

La Figura 3 muestra los métodos que se utilizaron para realizar el control físico de la quinua negra.

Figura 3. Métodos para el análisis físico de la quinua negra

Análisis físicos				
Parámetros	Peso	Granulometría	Humedad	Pérdida de peso
Unidades	g	%	%	g
Método	Gravimétrico	Gravimétrico	Medición directa	Gravimétrico

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2 Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos del grano de quinua negra

La Figura 4 muestra los análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos realizados con la finalidad de conocer la composición nutricional y microbiológica de los granos de quinua negra.

Figura 4. Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos de los granos de quinua negra

Fisicoquímicos		Minerales	Microbiológicos
Volumetría	Gravimetría	Espectrometría de Absorción Atómica	Recuento en placa
Grasa (%) NB 228:1998	Cenizas (%) NB 231:2:1998	Calcio (mg/100 g)	Mohos y levadura (UFC/g(ml)) NB 32006:2003
Proteína total (%) ISO 8968:1:2001	Fibra (%) NB 35004:2014	Hierro (mg/100 g)	Coliformes totales (UFC/g(ml)) NB 32005:2002
Cálculo	Humedad (%) NB 367:1998	Espectrofotometría	Aerobios mesófilos (UFC/g(ml)) NB 32003:2005
Hidratos de carbono (%) NB 312031:2010		Fósforo (mg/100 g) SM 4500-P-D	
Valor energético (Kcal/g) NB 312032:2006			

Fuente: CEANID, 2022

### 2.3.3 Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos en el proceso de germinación del grano de quinua negra

La Figura 5 muestra los análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos del grano de quinua negra en el proceso de germinación, con la finalidad de observar y analizar los cambios en la composición nutricional.

Figura 5. Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos en los granos de quinua negra germinada

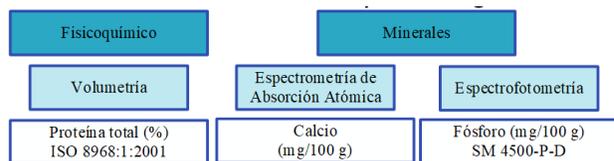
Fisicoquímicos		Minerales	Microbiológicos
Volumetría	Gravimetría	Espectrometría de Absorción Atómica	Recuento en placa
Grasa (%) NB 228:1998	Cenizas (%) NB 231:2:1998	Calcio (mg/100 g)	Mohos y levadura (UFC/g(ml)) NB 32006:2003
Proteína total (%) ISO 8968:1:2001	Fibra (%) NB 35004:2014	Hierro (mg/100 g)	Coliformes totales (UFC/g(ml)) NB 32005:2002
Cálculo	Humedad (%) NB 367:1998	Espectrofotometría	Aerobios mesófilos (UFC/g(ml)) NB 32003:2005
Hidratos de carbono (%) NB 312031:2010		Fósforo (mg/100 g) SM 4500-P-D	
Valor energético (Kcal/g) NB 312032:2006			

Fuente: CEANID, 2022

### 2.3.4 Análisis fisicoquímico y minerales de la harina malteada de quinua negra

La Figura 6 muestra los análisis fisicoquímicos y minerales que se realizaron en la harina malteada de quinua negra, con la finalidad de clasificar el tipo de harina según el porcentaje de proteína (%).

Figura 6. Análisis fisicoquímicos y minerales en la harina malteada de quinua negra



Fuente: CEANID, 2022

### 2.3.5 Diseño experimental

El diseño experimental y factorial 22 (Ramírez, 2022), se realiza en el proceso de germinación a humedad controlada del 40 %, las variables tomadas en cuenta en proceso de germinado son temperatura (25 – 35) °C y tiempo (8 – 16) h.

Los métodos de secado aplicados son de la estufa y vacío, se utilizan estos dos métodos de secado con la finalidad comparar el rendimiento de ambos métodos.

La variable respuesta es el contenido de proteína total (%) y contenido del mineral calcio (mg/100 g) para la obtención de harina malteada de quinua negra.

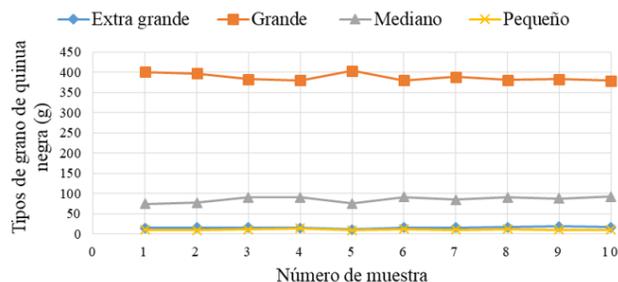
## 3. RESULTADOS

En base a la propuesta metodológica, se procede a realizar la caracterización de los resultados a nivel experimental.

### 3.1.- Análisis físicos del grano de quinua negra

Para la caracterización de las propiedades físicas, se hizo una clasificación granulométrica del grano de quinua negra, se utilizaron tamices en base a la Norma ASTM E-11 en cuatro categorías (extra grande, grande, mediano y pequeño), utilizando tres tamices (10", 12" y 14") con un tamizador vibratorio Ro-tap. Agitando por un tiempo de 15 minutos/muestra. En la figura 7, se muestran los resultados obtenidos de la clasificación granulométrica del grano de quinua negra en (g).

Figura 7. Clasificación granulométrica de los granos de quinua negra



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.- Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos de los granos de quinua negra

En la Tabla 1, se puede observar los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos en la quinua negra.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos de la quinua negra

Parámetros	Unidad	Resultados
Cenizas	%	3,42
Fibra	%	7,34
Grasa	%	4,13
Hidrato de carbono	%	64,35
Humedad	%	8,69
Proteína total (Nx6,25)	%	12,07
Valor energético	Kcal/100 g	342,85

Fuente: CEANID, 2022

Según la Tabla 1 los resultados del análisis fisicoquímico contienen: cenizas 3,42%; fibra 7,34%; grasa 4,13%; hidratos de carbono 64,35%; humedad 8,69%; proteína total 12,07% y valor energético 342,85 Kcal/100 g.

En la Tabla 2, se pueden observar los resultados obtenidos del análisis de minerales de los granos de quinua negra.

Tabla 2. Análisis de minerales de la quinua negra

Minerales	Unidad	Resultados
Calcio	mg/100 g	46,0
Fósforo	mg/100 g	813,0
Hierro	mg/100 g	5,5

Fuente: CEANID, 2022

Según los resultados de la Tabla 2 de la quinua negra contiene: Calcio 46,0 mg/100 g; fósforo 813,0 mg/100 g y hierro 5,5 mg/100 g.

En la Tabla 3, se puede observar los resultados obtenidos del análisis microbiológico del grano de quinua negra.

Tabla 3. Análisis microbiológicos de la quinua negra

Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias Aerobias mesófilas	UFC/g	1,6x10 <sup>2</sup>
Coliformes totales	UFC/g	<1,0x10 <sup>1</sup> (*)
Mohos y Levaduras	UFC/g	3,0x10 <sup>2</sup>

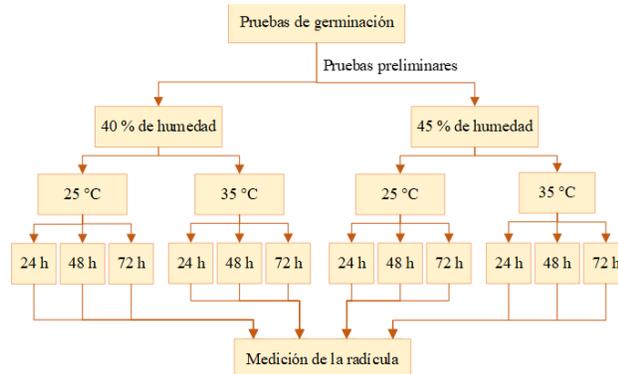
Fuente: CEANID, 2022

Según la Tabla 3 los resultados del análisis microbiológico del grano de quinua negra contiene: Bacterias aerobias mesófilas 1,6x10<sup>2</sup> UFC/g; coliformes totales <1,0x10<sup>1</sup> UFC/g(\*) no presentando desarrollo; mohos y levaduras 3,0x10<sup>2</sup> UFC/g.

### 3.3.- Pruebas preliminares para la germinación del grano de quinua negra

Para desarrollar la parte experimental, se realizaron pruebas preliminares de germinación controlando el contenido humedad entre (40 – 45) %, se realizan pruebas de germinación a temperaturas entre (25 – 35) ° C y por tiempo de 24 h, 48 h y 72 h. Controlando el crecimiento radicular (mm) con Wernier, el método de secado que se utilizo fue la estufa. En la figura 8, se muestran las pruebas preliminares realizadas durante la parte experimental.

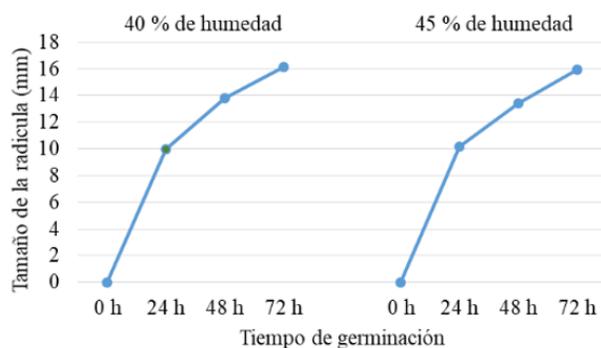
Figura 8. Pruebas preliminares en la germinación del grano de quinua negra



Fuente: Elaboración propia

La Figura 9 muestra los resultados obtenidos del crecimiento radicular promedio de los brotes grano de quinua negra de las pruebas preliminares, en condiciones de humedad entre (40 – 45) % y temperatura de 25 °C.

Figura 9. Pruebas preliminares del crecimiento de la radícula a 25 °C

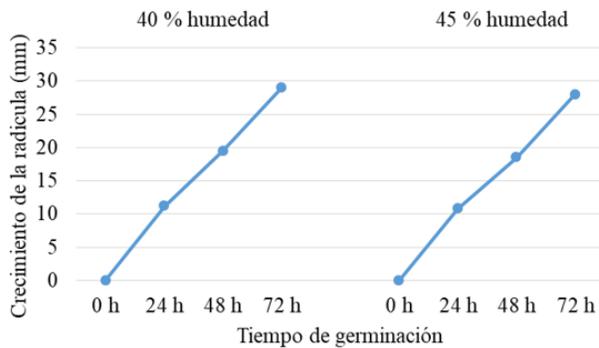


Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 9 el tiempo de germinación de 24h el crecimiento radicular promedio es 9,95 mm; en las 48h el valor promedio 13,80 mm y durante las 72h fue 16,12mm.

La Figura 10 muestra los resultados obtenidos del crecimiento radicular promedio de los brotes de grano de quinua negra de las pruebas preliminares en condiciones de humedad entre (40 – 45) % y temperatura de 35 °C.

Figura 10. Pruebas preliminares del crecimiento de la radícula a 35 °C



Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 10 el tiempo de germinación de 24h el crecimiento radicular promedio es 10,17mm; en las 48h el valor promedio 13,42mm y durante las 72h fue 15,96mm.

Según los resultados tomados en cuenta del crecimiento radicular de los granos de quinua negra, se

determinó que la humedad no afecta de manera significativa en el crecimiento del grano de quinua negra, pero la temperatura que se aplica si influye de una manera significativa, ya que la temperatura de 35 °C se pudo observar con la medición de la radícula que crece más rápido que a 25 °C.

### 3.4.- Análisis fisicoquímicos y minerales en el proceso de germinación de la quinua negra

Se realizó controles fisicoquímicos, minerales y microbiológicos al grano de quinua negra en el proceso de germinación con la finalidad de verificar el aumento de los nutrientes y los cuales se realizaron en el proceso de germinación, en incubadora eléctrica a temperatura de 25 °C por tiempos de germinación entre (8 h, 16 h, 24 h y 48 h).

La Tabla 3 indica los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados en el proceso de germinación del grano de quinua negra.

Tabla 3. Análisis fisicoquímicos en el proceso de germinación del grano de quinua negra

Parámetros	Unidades	Resultados de germinación			
		8 h	16 h	24 h	48 h
Cenizas	%	2,45	2,32	2,59	2,66
Fibra	%	4,98	4,10	7,57	8,36
Grasa	%	3,40	3,36	4,94	4,47
Hidratos de carbono	%	62,93	61,64	66,85	65,83
Humedad	%	6,58	9,70	6,07	6,53
Proteína total (Nx6,25)	%	19,66	18,88	11,98	12,15
Valor energético	Kcal/100 g	360,96	352,32	359,78	352,15

Fuente: CEANID, 2022

En la Tabla 3 se observa que la proteína total es el que más cambios significativos presenta en el proceso de germinación del grano de quinua negra.

En la Tabla 5 se observa los resultados obtenidos de los análisis de minerales realizados en el proceso de germinación del grano de quinua negra.

Tabla 5. Análisis de minerales en el proceso de germinación de la quinua negra

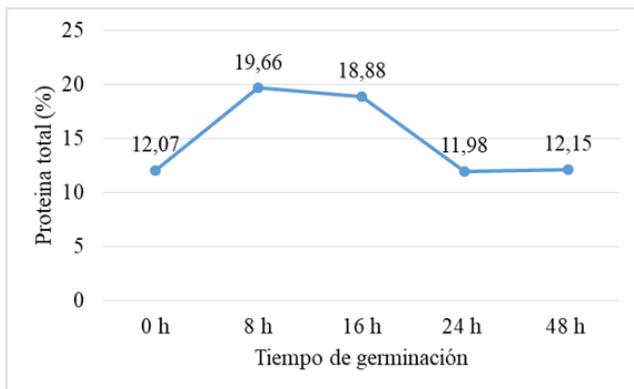
Minerales	Unidades	Resultados			
		8 h	16 h	24 h	48 h
Calcio	mg/100 g	56,2	68,3	83,0	82,0
Fosforo	mg/100 g	231,2	252,6	264,9	255,3
Hierro	mg/100 g	4,7	4,8	4,1	3,8

Fuente: CEANID, 2022

En la Tabla 5 se observa que el mineral calcio es el que más cambios significativos presenta en el proceso de germinación del grano de quinua negra.

En la Figura 11, se muestra los datos de proteína total en base a datos de la Tabla 1 y Tabla 3 indicando el contenido de proteína total (%) de acuerdo al tiempo de germinación del grano de quinua negra (h).

Figura 11. Contenido de proteína total del grano de quinua negra y proceso de germinación

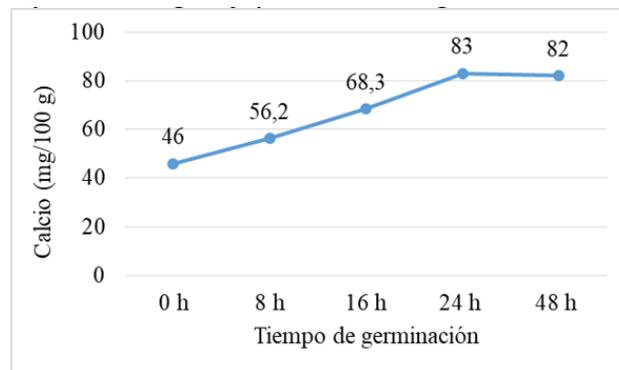


Fuente: CEANID, 2022

En la Figura 11 se observa que los puntos más altos de contenido de proteína total (%) en el proceso de germinación son en tiempo de 8 h y 16 h.

En la Figura 12 se muestra los datos del mineral calcio en base a datos de la Tabla 2 y Tabla 5 indicando el contenido de calcio (mg/100 g) de acuerdo al tiempo de germinación del grano de quinua negra (h).

Figura 12. Contenido de calcio del grano de quinua negra y proceso de germinación



Fuente: CEANID, 2022

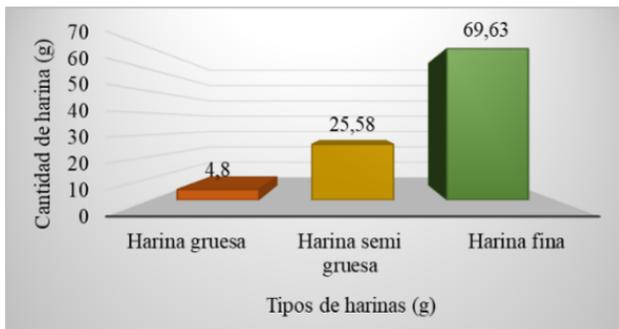
En la Figura 12 se observa que el punto más alto de contenido de mineral calcio en el proceso de germinación de 24 h.

### 3.5.- Clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra

Se realizó en un tamizador de dos tamices de acero inoxidable en base a la norma UNE – España con una luz o abertura entre (0,25 – 0,50) mm, obteniendo tres tipos de harinas malteadas: harina gruesa con tamaño > 0,50 mm; harina semi gruesa con tamaño entre (0,25 – 0,50) mm; y harina fina con tamaño < 0,25 mm.

La Figura 13 muestra los valores promedios obtenidos de la clasificación granulométrica, donde se muestra la cantidad de harina (g) en base a los tipos de harina malteada de quinua negra (g).

Figura 13. Clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra



Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 13, se puede observar que se obtiene 69,63 g de harina fina, 25,58 g de harina semi gruesa y 4,80 g de harina gruesa.

### 3.6.- Diseño experimental en el proceso de germinación del grano de quinua negra

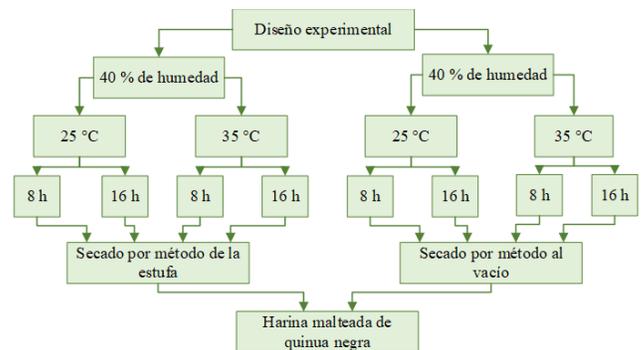
El diseño experimental (Ramírez, 2022) se realiza en el proceso de germinación a humedad de 40 %, aplicando diseño factorial 22, las variables tomadas en cuenta son la temperatura (25 – 35) % y tiempo (8 – 16) h.

Los métodos de secado aplicados son de la estufa electrónica y vacío, se utilizan estos dos métodos de secado con la finalidad comparar el rendimiento y determinar el mejor método de secado.

La variable respuesta es el contenido de proteína total (%) y el contenido del mineral calcio (mg/100 g) para la obtención de harina malteada de quinua negra,

La Figura 14 muestra el esquema experimental aplicado para la obtención de harina malteada de quinua negra en función de los dos métodos de secado (estufa y vacío).

Figura 14. Esquema experimental para la obtención de harina malteada de quinua negra



Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.1 Diseño factorial 22 en el proceso de germinación del grano de quinua negra por el método de estufa

En la Tabla 6, se observan los factores tiempo y temperatura e interacciones de los factores en el proceso de germinación del grano de quinua negra por secado del método de estufa mostrando los resultados de la variable respuesta de contenido de proteína total en porcentajes (%).

Tabla 6. Contenido de proteína total en el proceso de germinación con secado por método de estufa

Tratamiento	Factores		Interacción	Respuestas	
	T	$\theta$	$T*\theta$	Y1	Y2
(+1)	-	-	+	10,39	10,57
T	+	-	-	10,65	10,48
$\theta$	-	+	-	10,57	11,21
$T*\theta$	+	+	+	11,62	11,3

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7, se observan los factores tiempo y temperatura e interacciones de los factores en el proceso de germinación del grano de quinua negra con secado por el método de estufa mostrando los resultados de la variable respuesta de contenido de calcio (mg/100 g).

Tabla 7. Contenido de calcio en el proceso de germinación por secado del método de estufa

Tratamiento	Factores		Interacción	Respuestas	
	T	$\theta$	$T*\theta$	Y1	Y2
(+1)	-	-	+	42,9	48,8
T	+	-	-	45,0	47,9
$\theta$	-	+	-	45,7	52,7
$T*\theta$	+	+	+	47,1	50,3

Fuente: Elaboración propia

Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de proteína total

La Tabla 8 muestra los resultados del análisis de varianza del diseño 22 en el proceso de germinación de la quinua negra por el secado del método de estufa y donde la variable respuesta es el contenido proteína total (%).

Tabla 8. Análisis de varianza de la variable respuesta contenido de proteína total por método de secado de estufa

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
T: Temperatura	0,851512	1	0,851512	9,30	0,0554
$\theta$ : Tiempo	0,214513	1	0,214513	2,34	0,2233
$T*\theta$	0,117612	1	0,117612	1,28	0,3394
Error total	0,274637	3	0,0915458	-	-
Total	1,47029	7	-	-	-

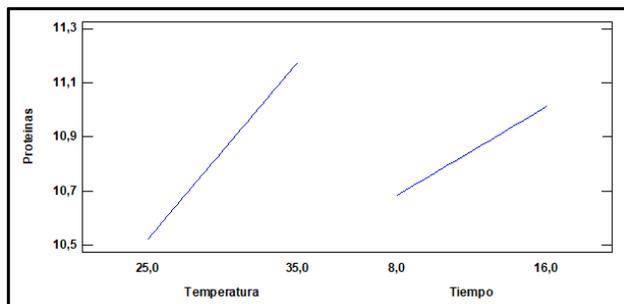
Fuente: Elaboración Propia

Según el análisis de varianza (Tabla 8), se puede observar que para los factores T (temperatura),  $\theta$  (tiempo) e interacción  $T*\theta$  (temperatura – tiempo), existe diferencia significativa, ya que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Los factores T y  $\theta$  e interacción de factores  $T*\theta$  son significativos en la

etapa de germinación de quinua negra con secado por el método de estufa.

En la Figura 15, se muestra lo efectos principales de los factores temperatura (T) y tiempo ( $\theta$ ), con relación a la variable respuesta proteínas total en porcentaje (%).

Figura 15. Efectos principales para el contenido de proteína con el método de secado a la estufa



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15, se puede observar que el factor T (temperatura), con un rango de (25 – 35) °C, influye más significativamente que el factor  $\theta$  (tiempo), con un rango de (8 – 16) h sobre la variable respuesta de proteína total en porcentaje (%), se puede observar que en el nivel más alto de los factores T y  $\theta$ , presenta mayor porcentaje de proteínas total.

La Tabla 9 muestra los factores óptimos para el proceso de germinación del grano de quinua negra por secado del método de la estufa, donde la variable respuesta es el contenido de proteína total (%).

Tabla 9. Factores óptimos para proteínas en proceso de germinación con secado método de estufa

Factor	Unidad	Bajo	Alto	Óptimo
T: Temperatura	°C	25,0	35,0	35,0
$\theta$ : Tiempo	h	8,0	16,0	16,0

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9, se puede observar que los factores óptimos para el proceso de germinación son: factor a (temperatura) es igual a 35,0 °C y factor b (tiempo) es igual a 16,0 h, obteniendo el valor más óptimo para la variable respuesta contenido de proteína total en porcentaje (%).

#### Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de calcio

La Tabla 10 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño 22 en el proceso de germinación de la quinua negra por secado del método de estufa y donde la variable respuesta es el contenido de calcio (mg/100 g).

Tabla 10. Análisis de varianza de variable respuesta contenido de calcio por método de secado de estufa

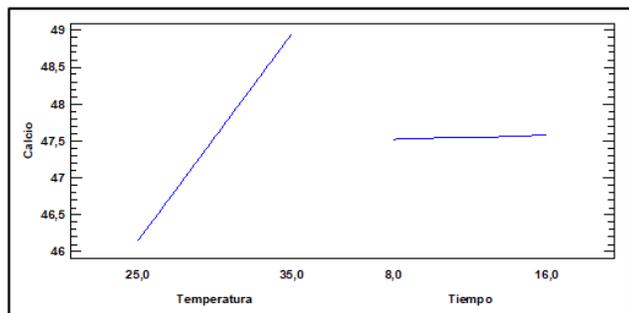
Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
T: Temperatura	15,68	1	15,68	7,71	0,0692
$\theta$ : Tiempo	0,005	1	0,005	0,00	0,9636
T* $\theta$	0,605	1	0,605	0,30	0,6235
Error total	6,105	3	2,035	-	-
Total	67,52	7	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (Tabla 10), se puede observar que para el factor  $\theta$  (tiempo) e interacción T\* $\theta$  (temperatura – tiempo), no existe diferencia significativa, ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, el factor T (temperatura), existe diferencia significativa, ya que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , y el factor T es significativo en la etapa de germinación de quinua negra por secado del método de la estufa.

En la Figura 16, se muestra lo efectos principales de los factores temperatura (T) y tiempo ( $\theta$ ), con relación a la variable respuesta contenido de calcio (mg/100 g).

Figura 16. Efectos principales para el contenido de calcio por el método de secado de la estufa



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16, se puede observar que el factor T (temperatura), influye significativamente en la variable respuesta de calcio para rango entre (25- 35) °C, por lo tanto, a nivel alto el factor T, el contenido de calcio es mucho mayor en el proceso de germinación. El factor  $\theta$  (tiempo) no influye significativamente sobre el contenido de calcio, ya que la variación de calcio en función al nivel alto y bajo para este factor se encuentra entre los rangos (47,52 – 47,57) mg/100 g.

En la Tabla 11, se muestra los factores óptimos para el proceso de germinación del grano de quinua negra con secado por el método de estufa, donde la variable respuesta es el contenido de calcio (mg/100 g).

Tabla 11. Factores óptimos para calcio en el proceso de germinación por secado del método de estufa

Factor	Unidad	Bajo	Alto	Óptimo
T: Temperatura	°C	25,0	35,0	35,0
$\theta$ : Tiempo	h	8,0	16,0	8,0

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11, se puede observar que los factores óptimos para el proceso de germinación son: Factor T (temperatura) es igual a 35,0 °C y factor  $\theta$  (tiempo) es igual a 8,0 h, obteniendo el valor más óptimo para la variable respuesta contenido de calcio (mg/100 g).

### 3.6.2 Diseño factorial 2<sup>2</sup> en el proceso de germinación del grano de quinua negra por secado al vacío

En la Tabla 12, se observan los factores tiempo y temperatura e interacción de los factores en el proceso de germinación del grano de quinua negra por secado del método al vacío y donde se muestran los resultados de la variable respuesta contenido de proteínas total en porcentaje (%).

Tabla 12. Contenido de proteína total en proceso de germinación por secado al vacío

Tratamiento	Factores		Interacción	Respuestas	
	T	$\theta$	T* $\theta$	Y1	Y2
(+1)	-	-	+	10,32	12,03
T	+	-	-	10,47	10,65
$\theta$	-	+	-	9,19	9,84
T* $\theta$	+	+	+	9,91	11,31

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 13, se observan los factores tiempo y temperatura e interacción de los factores en el proceso de germinación del grano de quinua negra con secado por el método al vacío, donde se muestran los resultados de la variable respuesta contenido de calcio (mg/100 g).

Tabla 13. Contenido de calcio en proceso de germinación por secado del método de vacío

Tratamiento	Factores		Interacción	Respuestas	
	T	$\theta$	$T*\theta$	Y1	Y2
(+1)	-	-	+	48,3	39,5
T	+	-	-	49,4	49,2
$\theta$	-	+	-	41,5	43
$T*\theta$	+	+	+	47	52,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Análisis de varianza de la variable respuesta contenido de proteína por secado del método de vacío

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
T: Temperatura	1,29605	1	1,29605	5,33	0,1041
$\theta$ : Tiempo	0,1152	1	0,1152	0,47	0,5406
$T*\theta$	1,46205	1	1,46205	6,02	0,0915
Error total	0,72905	3	0,243017	-	-
Total	5,5428	7	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

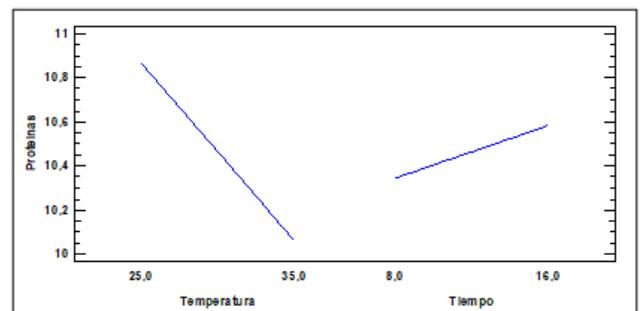
Según el análisis de varianza (Tabla 14), se puede observar que para el factor  $\theta$  (tiempo), no existe diferencia significativa, ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, el factor T (temperatura) e interacción  $T*\theta$  (temperatura – tiempo), existe diferencia significativa, ya que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Por lo tanto, el factor T e interacción  $T*\theta$  es significativo en la etapa de germinación de grano de quinua negra por secado por el método al vacío.

En la Figura 17, se muestra lo efectos principales de los factores temperatura (T) y tiempo ( $\theta$ ), con relación a la variable respuesta contenido de proteína (%).

Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de proteína total

La tabla 14 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño 22 en el proceso de germinación de la quinua negra por secado del método al vacío donde la variable respuesta es el contenido de proteína total en porcentaje (%).

Figura 17. Efectos principales para el contenido de proteína por el método de secado al vacío



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 17, se puede observar que el factor T (temperatura), con un rango de (25 – 35) °C, influye más significativamente sobre la variable respuesta

contenido de proteína (%), por lo tanto, a nivel alto del factor (T) el contenido de proteína es mayor. Por otro lado el factor  $\theta$  (tiempo), con un rango de (8 – 16) h, no influye significativamente sobre la variable respuesta de contenido de proteína, ya que la variación de proteína en función del nivel alto y bajo para este factor se encuentra entre los rangos de (10,33 – 10,59) %.

En la Tabla 14, se muestra los factores óptimos para el proceso de germinación del grano de quinua negra por secado del método al vacío, donde la variable respuesta es el contenido de proteína total (%).

Tabla 14. Factores óptimos para proteínas en el proceso de germinación por secado del método al vacío

Factor	Unidad	Bajo	Alto	Óptimo
T: Temperatura	°C	25,0	35,0	25,0
$\theta$ : Tiempo	h	8,0	16,0	8,0

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 14, se puede observar que los factores óptimos para el proceso de germinación son: factor T (temperatura) es igual a 25,0 °C y factor  $\theta$  (tiempo) es igual a 8,0 h, obteniendo el valor más óptimo de la variable respuesta contenido de proteína total (%).

#### Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de mineral calcio

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño 22 en el proceso de germinación de la quinua negra por secado por el método al vacío y donde la variable respuesta es el contenido de calcio (mg/100 g).

Tabla 15. Análisis de varianza de la variable respuesta calcio por el método de secado al vacío

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
T: Temperatura	0,5	1	0,5	0,03	0,8814
$\theta$ : Tiempo	85,805	1	85,805	4,52	0,1235
T* $\theta$	2,645	1	2,645	0,14	0,7338
Error total	56,95	3	18,9833	-	-
Total	146,22	7	-	-	-

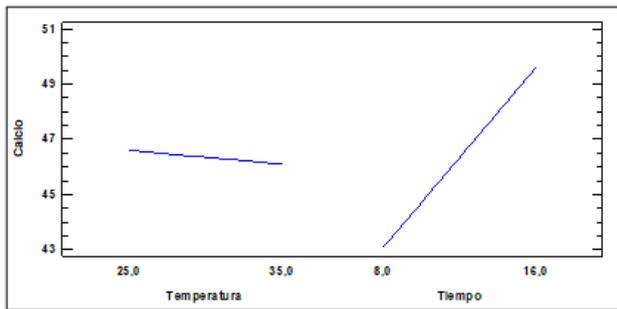
Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de Varianza (Tabla 15), se puede observar que para el factor T (temperatura) y la interacción T\* $\theta$  (temperatura – tiempo), no existe diferencia significativa, ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, el factor  $\theta$  (tiempo), existe diferencia significativa, ya que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis

planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , y el factor  $\theta$  es significativo en la etapa de germinación de quinua negra con secado por el método al vacío.

En la Figura 18, se muestra lo efectos principales de los factores temperatura (T) y tiempo ( $\theta$ ), con relación a la variable respuesta de calcio (mg/100 g).

Figura 18. Efectos principales para el contenido de calcio por el método de secado al vacío



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18, se puede observar que el factor  $\theta$  (tiempo), influye significativamente en la variable respuesta de calcio para un rango de (8 – 16) °C, por lo tanto, a nivel alto el factor  $\theta$ , el contenido de calcio aumenta en el proceso de germinación. El factor T (temperatura) no influye significativamente sobre el contenido del mineral calcio, ya que la variación de calcio en función al nivel alto y bajo para este factor se encuentra entre los rangos (46,6 – 46,1) mg/100 g.

En la Tabla 16, se muestra los factores óptimos para el proceso de germinación del grano de quinua negra por el método de secado al vacío, donde la variable respuesta es el contenido de calcio (mg/100 g).

Tabla 16. Factores óptimos para calcio en proceso de germinación por secado del método al vacío

Factor	Unidad	Bajo	Alto	Óptimo
T: Temperatura	°C	25,0	35,0	35,0
$\theta$ : Tiempo	h	8,0	16,0	16,0

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 16, se puede observar que los factores óptimos para el proceso de germinación son: factor T (temperatura) es igual a 35,0 °C y factor  $\theta$ (tiempo) es igual a 16,0 h, obteniendo el valor más óptimo para la variable respuesta de calcio (mg/100 g).

### 3.7.- Análisis fisicoquímicos y minerales de harina malteada de quinua negra

En la Tabla 17 se observan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico (proteína total) realizado en la harina malteada entera y fina de la quinua negra.

Tabla 17. Análisis fisicoquímico de la harina malteada de quinua negra

Tipo de harina	Unidad	Proteína total (Nx6,25)
Harina malteada entera	%	13,00
Harina malteada fina	%	12,09

Fuente: CEANID, 2022

Según los resultados de proteína total obtenidos en los dos tipos de harina malteada, se tiene 13,00 % en la harina entera y 12,09 % para la harina malteada de quinua negra.

Según la clasificación más utilizada en Europa según (Sifre et al, 2019), "se basa en la cantidad de gluten o proteínas que tiene la harina" (Pág. 6).

Por lo tanto, se puede clasificar la harina malteada entera de quinua negra como harina extra fuerte y la harina malteada fina de quinua negra como harina fuerte.

En la Tabla 18 se observan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos (minerales) realizados en la harina malteada entera y fina de quinua negra.

Tabla 18. Análisis de minerales en la harina malteada de quinua negra

Tipo de harina	Unidad	Calcio	Fosforo
Harina malteada entera	mg/100 g	50,9	76,4
Harina malteada fina	mg/100 g	56,9	63,0

Fuente: CEANID, 2022

Como se puede observar en la Tabla 18, se muestran que los resultados obtenidos de los análisis de minerales y cuyos resultados son:

- Harina malteada de quinua negra: calcio 50,9 mg/100 g y fósforo 76,4 mg/100 g.
- Harina malteada fina de quinua negra: calcio 56,9 mg/100 g y fósforo 63,0 mg/100 g.

#### 4. DISCUSIÓN

Según la clasificación granulométrica del grano de quinua negra realizadas a diez muestras de 500 g, se obtiene en: granos extra grandes 3,40 %, granos grandes 77,31 %, granos medianos 17,12 % y granos pequeños 2,16 %; siendo los granos grandes utilizados para el presente trabajo de investigación.

Según los análisis fisicoquímicos realizados a los granos de quinua negra, indica: cenizas 3,42 %; fibra 7,34 %; grasa 4,13 %; hidratos de carbono 64,35 %; humedad 8,69 %; proteína total 12,07 % y valor energético 342,85 Kcal/100 g.

Los análisis de minerales en los granos de quinua negra, indican: calcio 46,0 mg/100 g; fósforo 813,0 mg/100 g y hierro 5,5 mg/100 g.

De acuerdo a las pruebas preliminares del remojo para el proceso de germinado del grano de quinua negra, se prepararon muestras con un remojo entre (40 – 45) % de humedad, el porcentaje de humedad en el proceso de germinación del grano de quinua negra no tiene mucha significancia.

Para las pruebas preliminares de germinación del grano de quinua negra se controla la temperatura entre (25 – 35) °C, midiendo el crecimiento de la radícula con una regla Vernier (mm), se identifica que la temperatura si influye de gran manera en el crecimiento de la radícula, observando que a 35 °C existe un mayor crecimiento que a 25 °C respecto al tiempo de germinación.

Según las pruebas preliminares para la determinación del tiempo de germinación del grano de quinua negra, se realizó pruebas de análisis fisicoquímicos a temperatura de 35 °C, obteniendo un tiempo óptimo de germinación (8 h) según el contenido de proteína, obteniendo los siguientes resultados: cenizas 2,45%; fibra 4,98 %; grasa 3,40%; hidratos de carbono 62,93%; humedad 6,58%; proteína total 19,66% y valor energético 360,96 Kcal/100.

Tras la clasificación granulométrica a la harina malteada de quinua negra a tres muestras de 100,00 g, el promedio de los resultados fue: harina gruesa 4,80 g; harina semi gruesa 25,58 g y harina fina 69,63 g. Esta clasificación granulométrica de la harina malteada facilita la estandarización y proceso de productos, identificación de los requisitos de la materia prima y los parámetros legales respecto al tamaño de las partículas.

Tras el análisis de proteína total (%) realizado en la harina malteada entera y fina de quinua negra, los resultados fueron: harina malteada entera 13,00 %; harina malteada fina 12,09 %. Según la clasificación europea, se identifica la harina malteada entera como harina extra fuerte y la harina malteada fina como harina fuerte.

Según los análisis realizados a los minerales en la harina malteada entera y fina de quinua negra, los resultados fueron: harina malteada entera: calcio 50,9 mg/100 g y fosforo 76,4 mg/100 g; harina malteada fina: calcio 56,9 mg/100 g y fosforo 63,0 mg/100 g.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- 🔖 Agronoticias. (2019). Quinua negra, un superalimento rico en proteínas . Obtenido de <https://agronoticias.pe/alimentacion-y-salud/quinua-negra-un-superalimento-rico-en-proteinas/>

- 🔖 Bonifacio, A., Aroni, G., & Villca, M. (2012). Catálogo etnobotánico de la Quinoa Real. Cochabamba, Bolivia: Fundación PROINPA. Obtenido de <https://isbn.cloud/9789995484606/catalogo-etnobotanico-de-la-quinua-real/>
- 🔖 CEANID. (2022). Centro de Análisis Investigación y Desarrollo dependiente de la Facultad de Tecnología, de la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho"
- 🔖 Espinoza, C. R., & Quispe, M. A. (2013). Manual de tecnología de cereales y leguminosas (Primera ed.). Huancayo, Perú. Obtenido de <https://maqsolano.files.wordpress.com/2014/04/manual-de-tecnologia-de-cereales.pdf>
- 🔖 Fries, A. M., & Tapia, M. (1985). Los cultivos andinos en el Perú. Programa Nacional de Sistemas Agropecuarios. Perú. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ai185s/ai185s.pdf>
- 🔖 Hough, J. S. (1990). En Biotecnología de la cerveza y de la malta. Zaragoza, España: Editorial Acribia. Obtenido de [https://www.editorialacribia.com/libro/biotecnologia-de-la-cerveza-y-de-la-malta\\_53632/](https://www.editorialacribia.com/libro/biotecnologia-de-la-cerveza-y-de-la-malta_53632/)
- 🔖 León, A. E., & Rosell, C. M. (2007). De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Argentina: Publicaciones ISEKI\_Food. Obtenido de <https://digital.csic.es/handle/10261/17118>
- 🔖 Ramirez, R. E. (2022). Diseño experimental y factorial 23 aplicado a la Ingeniería de Alimentos. Carrera de Ingeniería de Alimentos. Cátedra INA 102 Trabajo final II-UAJMS-Tarija-Bolivia.
- 🔖 Sifre, D. M., Delfina, P. M., Segura, A., Simó, P., & Tosca, P. (2019). La Harina. Inglaterra: Universidad para mayores sede del norte Sant Mateu. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/73254719/LA-HARINA-Dolores-Mariapdf/>
- 🔖 Villacrés, P. E., Peralta, I. E., Egas, A. L., & Mazón, O. N. (2011). Potencial agroindustrial de la quinua. Quito, Ecuador: Boletín divulgativo N° 146. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/239>