

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



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

POR:

GUSTAVO LOPEZ CALLE

Trabajo final de grado presentado a consideración de la universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

AGOSTO, 2022

TARIJA – BOLIVIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo la misma únicamente responsabilidad del autor

Dedicatoria:

A mi familia; mis padres Hugo y Magdalena; mis hermanos Dennys, Selena y Ronald que siempre están apoyándome.

Agradecimientos:

A mis padres; Hugo Lopez Cautín y Magdalena Calle Mamani que han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado

Mis docentes, sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis conocimientos.

A mi docente guía; Ing. Erick Ramírez, sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Sus consejos fueron siempre útiles cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy he logrado.

Mis amigos y compañeros de viaje, hoy culminan esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación.

“Nuestra gloria más grande no consiste en no haberse caído nunca, sino en haberse levantado después de cada caída”.

Confucio

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Objeto de estudio.....	3
1.5	Campo de acción	4
1.6	Planteamiento del problema.....	4
1.7	Formulación de problema	4
1.8	Hipótesis.....	4

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1	Origen de la harina de granos germinados	5
2.2	Definición de harina de quinua negra	5
2.3	Clasificación de la harina malteada.....	6
2.3.1	Harina extrafuerte.....	6
2.3.2	Harina fuerte.....	6
2.3.3	Harina débil.....	6
2.4	Aplicaciones de la harina malteada de quinua negra en el ser humano	7
2.5	Características generales de la quinua negra.....	7
2.5.1	Clasificación botánica de la quinua negra.....	7
2.5.2	Características morfológicas de la quinua negra.....	8
2.5.3	Propiedades nutricionales de la quinua negra	10
2.5.4	Factores anti nutricionales de la quinua negra	12
2.5.5	Usos reales y potenciales de la quinua negra	12
2.5.5.1	Hoja de la quina negra.....	12
2.5.5.2	Tallo de la quinua negra.....	13
2.5.5.3	Grano de la quinua negra	13
2.6	Factores principales que intervienen en la germinación del grano de quinua negra	15
2.6.1	Humedad	15
2.6.2	Temperatura	15
2.6.3	Oxígeno	15
2.7	Etapas de malteado de quinua negra	16

2.7.1	Remojo del grano de quinua negra.....	16
2.7.2	Germinación del grano de quinua negra	16
2.7.2.1	Bioquímica de la germinación	17
2.7.3	Secado del grano de quinua negra.....	17
2.7.3.1	Tipos de secadores directos o por convección	18
2.7.3.1.1	Secadores de horno o estufa.....	18
2.7.3.2	Secadores por conducción o indirectos	18
2.7.3.2.1	Secadores de bandeja a vacío	19
2.7.4	Molienda de la quinua negra	19
2.7.4.1	Tipos de molinos	19
2.7.4.1.1	Molinos de martillos	19
2.7.4.1.2	Molinos de bolas	20
2.8	Clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra.....	20

CAPITULO III

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1	Desarrollo de la parte experimental	21
3.2	Tipos de intervención para la parte experimental	21
3.3	Paradigma investigativo	21
3.4	Enfoque de la investigación	22
3.5	Métodos – Técnicas e Instrumentos.....	22
3.5.1	Análisis físicos en la quinua negra.....	23
3.5.2	Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos de la quinua negra	23
3.5.3	Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos en el proceso de germinación de la quinua negra	24
3.5.4	Análisis fisicoquímicos y minerales de la harina malteada de quinua negra	24
3.6	Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina.....	25
3.6.1	Equipos.....	25
3.6.2	Instrumentos de laboratorio.....	25
3.6.3	Materiales de laboratorio.....	26
3.6.4	Utensilios de cocina	26
3.6.5	Software de aplicación	27
3.7	Insumo alimentario.....	27
3.7.1	Agua purificada de mesa.....	27
3.8	Diagrama de flujo para la obtención de harina malteada de quinua negra con secado por el metodo de estufa y al vacío	27
3.9	Desarrollo del diagrama de flujo para la obtención de harina malteada de quinua negra	28
3.9.1	Quinua negra	29

3.9.2	Limpieza 1	29
3.9.3	Lavado	29
3.9.4	Remojo	30
3.9.5	Germinación en la incubadora	30
3.9.6	Secado de los granos germinados de quinua negra	30
3.9.6.1	Secado de los granos germinados de quinua negra por el método de la estufa	31
3.9.6.2	Secado de los granos germinados de quinua negra por el método al vacío ..	31
3.9.7	Limpieza 2.....	31
3.9.8	Molienda	32
3.9.9	Tamizado.....	32
3.9.10	Harina malteada de quinua negra.....	32
3.10	Diseño experimental.....	33
3.10.1	Diseño factorial 2^k	33
3.10.1.1	Diseño factorial 2^2 en el proceso de germinación de la quinua negra.....	33
3.10.1.1.1	Diseño factorial 2^2 en el proceso de germinación del grano de quinua negra con secado por el método de estufa.....	34
3.10.1.1.2	Diseño factorial 2^2 en el proceso de germinación del grano de quinua negra con secado por el método al vacío.....	34
3.10.2	Operacionalización de las variables para la obtención de harina malteada de quinua negra.....	35

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1	Caracterización de la quinua negra	37
4.1.1	Propiedades físicas de la quinua negra.....	37
4.1.1.1	Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos de los granos de quinua negra	41
4.1.1.2	Análisis fisicoquímicos de la quinua negra.....	41
4.1.1.3	Análisis de minerales de la quinua negra	41
4.1.2	Análisis microbiológicos de la quinua negra	42
4.2	Caracterización de las variables del proceso para la obtención de harina malteada de quinua negra.....	42
4.2.1	Pruebas preliminares para la germinación del grano de quinua negra.....	42
4.3	Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos en el proceso de germinación de la quinua negra.....	42
4.3.1	Análisis fisicoquímicos en el proceso de germinado de la quinua negra.....	48
4.3.2	Análisis de minerales en el proceso de germinado de la quinua negra	50
4.3.3	Análisis microbiológicos en el proceso de germinado de la quinua negra ...	51

4.4	Clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra.....	52
4.5	Diseño experimental en el proceso de germinación del grano de quinua negra para la obtención de harina malteada de quinua negra.....	54
4.5.1	Diseño factorial 2 ² en el proceso de germinación del grano de quinua negra con secado por el método en la estufa.....	55
4.5.1.1	Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de proteína total .	56
4.5.1.2	Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de calcio.....	60
4.5.2	Diseño factorial 2 ² en el proceso de germinación del grano de quinua negra con secado por el método al vacío.....	64
4.5.2.1	Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de proteína total .	65
4.5.2.2	Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de calcio.....	69
4.6	Análisis fisicoquímicos y minerales de harina malteada de quinua negra....	73
4.6.1	Análisis fisicoquímicos de harina malteada de quinua negra	73
4.6.2	Análisis de minerales de harina malteada de quinua negra.....	74
4.7	Balance de materia en el proceso de obtención de harina malteada de quinua negra	74
4.7.1	Balance de materia en la etapa de limpieza 1 del grano de quinua negra ..	76
4.7.2	Balance de materia en la etapa de remojo del grano de quinua negra	76
4.7.3	Balance de materia en la etapa de germinación y secado del grano malteado de quinua negra.....	78
4.7.4	Balance de materia en la etapa de limpieza 2 del grano malteado de quinua negra	80
4.7.5	Balance de materia en la etapa de molienda de los granos malteados de quinua negra	80
4.7.6	Balance de materia en la etapa de clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra.....	81
4.8	Balance de energía en la etapa de germinación de los granos de quinua negra.....	84
4.9	Balance de energía en la etapa de secado de los granos germinados de quinua negra	85
4.9.1	Balance de energía en la etapa de secado por el método de la estufa de los granos germinados de quinua negra	85
4.9.2	Balance de energía en la etapa de secado por el método al vacío de los granos germinados de quinua negra	86
4.10	Aplicación de la harina malteada de quinua negra.....	87
4.10.1	Pruebas preliminares para la elaboración de galletas.....	87
4.10.2	Variación porcentual en la formulación de pruebas preliminares para la elaboración de galletas	87

4.10.2.1	Estadístico caja y bigote para para las pruebas preliminares para la elaboración de galletas	88
4.11	Análisis fisicoquímicos y minerales de la galleta con harina malteada de quinua negra	89
4.11.1	Análisis fisicoquímicos de la galleta con harina malteada de quinua negra .	89
4.11.2	Análisis de minerales de la galleta con harina malteada de quinua negra..	90

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	91
5.2	Recomendaciones	93

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación de la harina según el contenido de proteínas.....	6
Figura 2.2	Color del grano entero y grano beneficiado de a quinua negra.....	10
Figura 2.3	Industrialización de la hoja de quinua.....	12
Figura 2.4	Industrialización del tallo de quinua negra.....	13
Figura 2.5	Industrialización de la quinua negra.....	14
Figura 3.1	Métodos y equipos para el análisis físico de la quinua negra.....	23
Figura 3.2	Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos de los granos de quinua negra.....	23
Figura 3.3	Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos en los granos de quinua negra germinada.....	24
Figura 3.4	Análisis fisicoquímicos y minerales en la harina malteada de quinua negra.....	24
Figura 3.5	Equipos para la elaboración de harina malteada de quinua negra.....	25
Figura 3.6	Instrumentos de laboratorio para la obtención de harina malteada.....	26
Figura 3.7	Diagrama para la obtención de harina malteada de quinua negra	28
Figura 3.8	Quinua negra.....	29
Figura 3.9	Limpieza 1	29
Figura 3.10	Lavado	29
Figura 3.11	Remojo.....	30
Figura 3.12	Germinación.....	30
Figura 3.13	Secado método de la estufa	31
Figura 3.14	Secado método al vacío	31
Figura 3.15	Limpieza 2	31
Figura 3.16	Molienda	32
Figura 3.17	Tamizado	32
Figura 3.18	Envasado.....	32
Figura 4.1	Clasificación granulométrica de los granos de quinua negra	39
Figura 4.2	Clasificación granulométrica en porcentaje (%) de los granos de quinua negra.....	40
Figura 4.3	Pruebas preliminares en la germinación del granos de quinua negra ..	43
Figura 4.4	Pruebas preliminares del crecimiento de la radícula a 25 °C	45
Figura 4.5	Pruebas preliminares del crecimiento de la radícula a 35 °C	47
Figura 4.6	Contenido de proteína total del grano de quinua negra proceso de germinación	49
Figura 4.7	Contenido de calcio del grano de quinua negra y proceso de germinación	51

Figura 4.8	Metodología para la clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra	53
Figura 4.9	Clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra...	54
Figura 4.10	Esquema experimental para la obtención de harina malteada de quinua negra	55
Figura 4.11	Efectos principales para el contenido de proteína con el método de secado en estufa	57
Figura 4.12	Interacciones de los factores para el contenido de proteína con método de secado a la estufa.....	58
Figura 4.13	Superficie de respuesta estimada para el contenido de proteína con el método de secado a la estufa	58
Figura 4.14	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de proteína con método de secado a la estufa.....	59
Figura 4.15	Efectos principales para el contenido de calcio con el método de secado en estufa	61
Figura 4.16	Interacciones de los factores para el contenido de calcio con método de secado a la estufa.....	62
Figura 4.17	Superficie de respuesta estimada para el contenido de calcio con el método de secado a la estufa.....	62
Figura 4.18	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de calcio con el método de secado a la estufa.....	63
Figura 4.19	Efectos principales para el contenido de proteína con el método de secado al vacío	66
Figura 4.20	Interacciones de los factores para el contenido de proteína con método de secado al vacío	67
Figura 4.21	Superficie de respuesta estimada para el contenido de proteína con el método de secado al vacío	67
Figura 4.22	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de proteína con el método de secado al vacío	68
Figura 4.23	Efectos principales para el contenido de calcio con el método de secado al vacío	70
Figura 4.24	Interacciones de los factores para el contenido de calcio con método de secado al vacío	71
Figura 4.25	Superficie de respuesta estimada para el contenido de calcio con el método de secado al vacío	71
Figura 4.26	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de calcio con el método de secado al vacío	72
Figura 4.27	Diagrama de flujo del balance de materia en el proceso de obtención de harina malteada de quinua negra.....	75

Figura 4.28	Etapa de limpieza 1 del grano de quinua negra	76
Figura 4.29	Etapa de remojo del grano de quinua negra.....	76
Figura 4.30	Etapa de germinación y secado del grano malteado de quinua negra...	79
Figura 4.31	Etapa de limpieza 2 del grano malteado de quinua negra.....	80
Figura 4.32	Etapa de molienda de los grano malteado de quinua negra	81
Figura 4.33	Etapa de clasificación granulométrica de harina malteada de quinua negra.....	82
Figura 4.34	Resumen del balance de materia en el proceso de obtención de harina malteada de quinua negra	84
Figura 4.35	Balance de energía en la etapa de germinación	84
Figura 4.36	Balance de energía en la etapa de secado por estufa	86
Figura 4.37	Balance de energía en la etapa de secado al vacío	86
Figura 4.38	Pruebas preliminares para la elaboración de galletas	87
Figura 4.39	Formulación de las pruebas preliminares para la elaboración de galletas	88
Figura 4.40	Caja y bigote de pruebas preliminares para la elaboración de galleta .	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Posición taxonómica de la quinua negra	8
Tabla 2.2	Arquitectura y color de la planta en fase de grano lechoso	8
Tabla 2.3	Arquitectura y color de la planta en madures fisiológica	9
Tabla 2.4	Dimensiones y forma del grano de quinua negra	9
Tabla 2.5	Porcentaje tamaño del grano de quinua negra	9
Tabla 2.6	Composición de nutrientes de la quinua negra	11
Tabla 2.7	Contenido de aminoácidos en granos andinos y el trigo.....	11
Tabla 3.1	Variación de los factores en la etapa de germinación de la quinua negra con secado por el método de estufa.....	34
Tabla 3.2	Matriz experimental de variables en la etapa de germinado de la quinua negra con secado por el método estufa	34
Tabla 3.3	Variación de los factores en la etapa de germinación de la quinua negra con secado por el método al vacío	35
Tabla 3.4	Matriz experimental de variables en la etapa de germinado de la quinua negra con secado por el método al vacío	35
Tabla 3.5	Operacionalización de variables para la obtención de harina malteada de quinua negra	36
Tabla 4.1	Tamices para la clasificación granulométrica	37
Tabla 4.2	Tamaños del grano de quinua negra.....	37
Tabla 4.3	Clasificación granulométrica de los granos de quinua negra.....	38

Tabla 4.4	Clasificación granulométrica en porcentaje de los granos de quinua negra	39
Tabla 4.5	Análisis fisicoquímicos de los granos de quinua negra.....	41
Tabla 4.6	Análisis de minerales de la quinua negra	
Tabla 4.7	Análisis microbiológico de los granos de quinua negra.....	42
Tabla 4.8	Control de crecimiento de la radícula a 25 °C	43
Tabla 4.9	Control de crecimiento de la radícula a 35 °C	45
Tabla 4.10	Análisis físicos en el proceso de germinación del grano de quinua negra	48
Tabla 4.11	Contenido de proteína total del grano de quinua negra y el proceso de germinación.....	49
Tabla 4.12	Análisis de minerales en el proceso de germinación de la quinua negra	50
Tabla 4.13	Contenido de calcio en el grano de quinua negra y el proceso de germinación	51
Tabla 4.14	Análisis microbiológico en el proceso de germinación de grano de quinua negra.....	52
Tabla 4.15	Clasificación granulométrica de la harina malteada de quinua negra.....	53
Tabla 4.16	Contenido de proteína total en el proceso de germinación con secado por método estufa.....	55
Tabla 4.17	Contenido de calcio en el proceso de germinación con secado por método estufa	56
Tabla 4.18	Análisis de varianza de la variable respuesta proteína total con método de secado en estufa	56
Tabla 4.19	Factores óptimos para proteínas en proceso de germinación con secado método de estufa.....	60
Tabla 4.20	Análisis de varianza de variable respuesta contenido de calcio por método de secado a la estufa.....	60
Tabla 4.21	Factores óptimos para calcio en proceso de germinación con secado método de estufa	64
Tabla 4.22	Contenido de proteína total en el proceso de germinación con secado por método al vacío	64
Tabla 4.23	Contenido de calcio en el proceso de germinación con secado por método al vacío	65
Tabla 4.24	Análisis de varianza de variable respuesta contenido de proteína con secado por el método al vacío	65
Tabla 4.25	Factores óptimos para proteínas en proceso de germinación con secado método al vacío	69
Tabla 4.26	Análisis de varianza de variable respuesta contenido de calcio por método de secado al vacío	69

Tabla 4.27 Factores óptimos para calcio en proceso de germinación con secado método al vacío	73
Tabla 4.28 Análisis fisicoquímico de la harina malteada de quinua negra	73
Tabla 4.29 Análisis de minerales en la harina malteada de quinua negra.....	74
Tabla 4.30 Análisis fisicoquímicos en la galleta con harina malteada de quinua negra	90
Tabla 4.31 Análisis de minerales de las galletas con harina malteada de quinua negra	90