

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**OPTIMIZACIÓN DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN DE HARINA
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) NEGRA
COLLANA Y SPIRULINA (*Arthrospira platensis*)
EN LA ELABORACIÓN DE QUEQUE CON
ALTO VALOR PROTEICO**

FERNANDO HUAYTA QUISPE

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesora: Mag. TANIA JAKELINE CHOQUE RIVERA

Co - asesor: M. Sc. LENIN QUILLE QUILLE



JULIACA, PERÚ

2023





UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



OPTIMIZACIÓN DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN DE HARINA
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) NEGRA
COLLANA Y SPIRULINA (*Arthrospira platensis*)
EN LA ELABORACIÓN DE QUEQUE CON
ALTO VALOR PROTEICO

FERNANDO HUAYTA QUISPE

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor (a): Mag. TANIA JAKELINE CHOQUE RIVERA

Co - asesor: M. Sc. LENIN QUILLE QUILLE



JULIACA, PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“OPTIMIZACIÓN DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN DE HARINA
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) NEGRA COLLANA Y
SPIRULINA (*Arthrospira platensis*) EN LA ELABORACIÓN
DE QUEQUE CON ALTO VALOR PROTEICO”**

Fernando Huayta Quispe

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesora: Mag. Tania Jakeline Choque Rivera

Co-asesor: M. Sc. Lenin Quille Quille

Juliaca, 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Huayta-Quispe, F (2023). *Optimización del porcentaje de adición de harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Negra Collana y Spirulina (Arthrospira platensis) en la elaboración de queque con alto valor proteico*. [Tesis de pregrado en ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca]. Juliaca.

AUTOR: Fernando Huayta Quispe

TÍTULO: Optimización del porcentaje de adición de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) negra collana y spirulina (*Arthrospira platensis*) en la elaboración de queque con alto valor proteico.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2023

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (116 pp)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias - Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 03-000019-03/H82

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: Mag. Tania Jakeline Choque Rivera

CO-AESOR: M. Sc Lenin Quille Quille

PALABRAS CLAVE: Hierro, proteína, quinua negra, spirulina

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**“OPTIMIZACIÓN DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN DE HARINA DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) NEGRA COLLANA Y
SPIRULINA (*Arthrospira platensis*) EN LA ELABORACIÓN
DE QUEQUE CON ALTO VALOR PROTEICO”**


**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

Presentada por:

FERNANDO HUAYTA QUISPE

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Dr. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca,
PRESIDENTE DE JURADO**




**M. Sc. Silvana Lisset Aguilar Tuesta,
JURADO (Secretario)**




2° MIEMBRO

**Mag. Carlos Ricardo Hanco Cervantes
JURADO (Vocal)**

3° MIEMBRO



**Mag. Tania Jakeline Choque Rivera
ASESOR DE TESIS**



**M. Sc. Lenin Quille Quille
CO-ASESOR DE TESIS**

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme la fuerza necesaria para la realización de mis proyectos.

A mis queridos padres A. Huayta y L. Quispe del mismo modo a mi hermano R. Huayta, cuñada D. Gutierrez y sobrino G. Huayta, cuyo estímulo, apoyo, cariño y esfuerzo invaluable, hicieron posible la culminación de mi carrera profesional.

A ellos está dedicado el logro de cada una de mis metas profesionales, ustedes fueron el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en mi vida, porque mis logros son los suyos también.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis sinceros agradecimientos:

- A mis padres A. Huayta y L. Quispe, mi hermano R. Huayta, D. Gutierrez, y sobrino G. Huayta quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de este camino para convertirme en ingeniero, ser grato con ustedes familia porque se preocuparon por mí, en cada momento, y siempre buscan lo mejor para mi porvenir.
- A mi centro de estudios y docentes de la Universidad Nacional de Juliaca, por haberme brindado conocimientos académicos, personales y profesionales en mi etapa de alumno y tesista.
- A los docentes de la Universidad Nacional del Centro del Perú – del programa Tecnología y Gestión de Calidad de Alimentos, por brindarme sus conocimientos y consejos.
- A mí asesora, Mag. Tania Jakeline Choque Rivera, por su guía en el proceso de ejecución del presente trabajo de investigación.
- A mí Co-asesor: M. Sc. Lenin Quille Quille, por sus aportes y consejos para la culminación exitosa de mi investigación.
- A mis jurados Dr. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca, M. Sc. Silvana Lisset Aguilar Tuesta, Mag. Carlos Ricardo Hanco Cervantes por la orientación y consejos.
- Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que de alguna u otra forma trabajaron conmigo para culminar el siguiente trabajo de investigación, una de las más importantes de mi carrera profesional.
- Con la pasión con la que describo el perfecto e incondicional apoyo de cada uno de ustedes, fue el mismo con el que desarrollé cada parte y punto de esta tesis, y por esto mismo puedo afirmar su culminación exitosa y agrado para cada uno de sus lectores.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
RESUMO.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivos generales.....	2
1.2.2. Objetivo específico.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.2. QUINUA.....	6
2.2.1. Aspectos generales de la quinua.....	6
2.2.2. Clasificación taxonómica.....	7
2.2.3. INIA 420 Negra Collana.....	8
2.2.4. Composición nutricional.....	9
2.2.5. Propiedades funcionales de la harina de quinua.....	10
2.2.6. Potencial de la harina de quinua en la industria alimentaria.....	11
2.3. SPIRULINA.....	14
2.3.1. Aspectos generales de la spirulina.....	14

2.3.2. Clasificación taxonómica.....	15
2.3.3. Valor nutricional de la spirulina.....	15
2.3.4. La spirulina y la innovación de alimentos en la industria alimentaria.....	18
2.3.5. Presentación de productos con adición de spirulina en el mercado peruano...	18
2.4. PROTEÍNA.....	20
2.5. HIERRO.....	20
2.6. OPTIMIZACIÓN DE FORMULACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	21
2.5.1. Elementos de la teoría de optimización.....	21
2.5.2. Técnicas de optimización.....	21
2.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS CON RESPUESTA.....	22
2.7.1. Metodología de la superficie de respuesta (RSM).....	22
2.7.2. Método de la máxima pendiente.....	22
2.7.3. Localización del óptimo.....	22
2.7.4. Punto estacionario.....	23
2.7.5. Análisis canónico.....	24
2.7.6. Caracterización de la superficie.....	24
2.7.7. Error de predicción.....	27
2.8. QUEQUE.....	27
2.8.1. Aspectos generales del queque.....	27
2.8.2. Criterios fisicoquímicos y microbiológicos.....	27
2.9. Cálculo porcentual de panadería.....	29
2.9.1. Porcentaje.....	29
2.9.2. Porcentaje panadero.....	29
2.10. ANÁLISIS SENSORIAL.....	29
2.10.1. Pruebas sensoriales afectivas.....	29
2.10.2. Escalas pictóricas y pruebas con niños.....	31
2.10.3. Prueba de aceptabilidad.....	31

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.1.1.	Hipótesis general.....	33
3.1.2.	Hipótesis específica.....	33
3.2.	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	33
3.3.	MATERIALES.....	33
3.3.1.	Materia prima.....	33
3.3.2.	Insumos.....	34
3.3.3.	Equipos e instrumentos.....	34
3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	36
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
3.6.	DIAGRAMA EXPERIMENTAL.....	40
3.7.	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	41
3.7.1.	Análisis fisicoquímico de la materia prima.....	41
3.7.2.	Análisis fisicoquímico y estadístico para el primer objetivo.....	41
3.7.3.	Análisis fisicoquímico y estadístico para el segundo objetivo.....	41
3.7.4.	Análisis sensorial y estadístico para el tercer objetivo.....	41
3.7.5.	Análisis fisicoquímico del producto final.....	42

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA MATERIA PRIMA.....	43
4.2.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS DE PORCENTAJE DE LA ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA SOBRE EL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN LA ELABORACIÓN DE QUEQUES.....	44
4.3.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HIERRO DE LOS QUEQUES CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA.....	62
4.4.	ACEPTABILIDAD DE LOS QUEQUES CON MAYOR CONTENIDO DE PROTEÍNA Y HIERRO.....	66
4.5.	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL.....	69

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	71
5.2. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	73
ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Composición química de la quinua INIA 420 Negra Collana.....	9
Tabla 2:	Características bromatológicas de la quinua INIA 420 Negra Collana....	9
Tabla 3:	Propiedades funcionales de la quinua.....	10
Tabla 4:	Composición Físico-Química de la quinua en diferentes presentaciones.	11
Tabla 5:	Características fisicoquímicas de la harina de quinua y trigo.....	12
Tabla 6:	Contenido de hierro en diferentes panes elaborados en investigaciones...	12
Tabla 7:	Comparación de investigaciones de las propiedades fisicoquímicas de productos elaborados con harina de quinua.....	13
Tabla 8:	Composición proximal de la spirulina.....	16
Tabla 9:	Contenido de minerales en la spirulina.....	16
Tabla 10:	Contenido de vitaminas en la spirulina.....	17
Tabla 11:	Contenido de lípidos en la spirulina.....	17
Tabla 12:	Composición de aminoácidos en la spirulina.....	17
Tabla 13:	Comparación de investigaciones de las propiedades fisicoquímicas de productos elaborados con spirulina.....	19
Tabla 14:	Valores requeridos de consumo de proteína al día.....	20
Tabla 15:	Valores requeridos de consumo de hierro al día.....	20
Tabla 16:	Criterios fisicoquímicos para queques.....	28
Tabla 17:	Criterios microbiológicos para queques.....	28
Tabla 18:	Características organolépticas.....	28
Tabla 19:	Formulación para la elaboración de queque proteico.....	38
Tabla 20:	Porcentaje de adición de harina de quinua Negra Collana y Spirulina....	38
Tabla 21:	Número de tratamientos.....	39
Tabla 22:	Análisis de la materia prima.....	43
Tabla 23:	Resultado fisicoquímico de los diferentes tratamientos.....	44
Tabla 24:	Análisis de la varianza del contenido de proteína en la elaboración de queque.....	45
Tabla 25:	Análisis de la varianza del contenido de proteína en la elaboración de queque.....	49
Tabla 26:	Análisis de comparación en parejas de Tukey y una confianza de 95 %..	49
Tabla 27:	Análisis de la varianza del contenido de humedad en la elaboración de queque.....	55

Tabla 28: Análisis de la varianza del contenido de ceniza en la elaboración de queque.....	57
Tabla 29: Análisis de la varianza del contenido de acidez en la elaboración de queque.....	58
Tabla 30: Análisis de varianza del contenido de peróxido en la elaboración de queque.....	60
Tabla 31: Resultado del análisis de hierro de los queques.....	62
Tabla 32: Comparación de contenido de hierro en matrices alimentarias elaboradas con adición de spirulina.....	65
Tabla 33: Comparación de contenido de hierro en matrices alimentarias elaboradas con harina de quinua.....	66
Tabla 34: Prueba de Friedman: aceptabilidad vs tratamiento, jueces.....	66
Tabla 35: Composición fisicoquímica del producto final.....	69
Tabla 36: Análisis microbiológico del producto final.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Variedad de granos de quinua.....	7
Figura 2:	Quinua variedad INIA 420 Negra Collana.....	8
Figura 3:	Vista microscópica de la Spirulina.....	14
Figura 4:	Elementos de optimización.....	21
Figura 5:	Superficie ajustada con un Modelo de primer orden.....	22
Figura 6:	Diagrama de diseño experimental de segundo orden.....	22
Figura 7:	(a) Punto de respuesta mínima – valle , (b) punto de respuesta máxima – loma, (c) punto silla – silla de montar.....	23
Figura 8:	Identificación del punto estacionario.....	23
Figura 9:	Gráfico tipo loma ascendente.....	24
Figura 10:	Gráfico tipo cordillera estacionaria.....	25
Figura 11:	Gráfico de contorno lineal.....	25
Figura 12:	Gráfico de análisis de cordillera.....	26
Figura 13:	Análisis de cordillera, puntos óptimos.....	26
Figura 14:	a) Diagrama de contorno para el error, b) superficie de respuesta para el error.....	27
Figura 15:	Clasificación de las pruebas sensoriales afectivas.....	30
Figura 16:	Escalada hedónica facial de 5 puntos.....	31
Figura 17:	Fluxograma de la elaboración de queque proteico con adición de harina de quinua negra y spirulina.....	36
Figura 18:	Diagrama de operaciones para la elaboración de queque proteico con la adición de harina de quinua negra y spirulina.....	37
Figura 19:	Diagrama experimental de la investigación.....	40
Figura 20:	Gráfico de dispersión 3D para el porcentaje de proteína.....	46
Figura 21:	(a) Diagrama de interacción para harina de quinua negra, (b) diagrama de interacción para la spirulina, respecto al porcentaje proteína.....	47
Figura 22:	(a) Diagrama de superficie de respuesta 3D, (b) diagrama de contorno respecto al porcentaje de proteína.....	48
Figura 23:	Gráfico de intervalos de % Proteína vs. Tratamiento.....	49
Figura 24:	Diagrama de contorno de tratamiento óptimo.....	50
Figura 25:	Diagrama de contorno para el error, b) superficie de respuesta para el error.....	51

Figura 26:	Gráficos de rampa para la optimización.....	51
Figura 27:	Gráfico de dispersión 3D para el porcentaje de humedad.....	56
Figura 28:	Gráfico de dispersión 3D para el porcentaje de ceniza.....	58
Figura 29:	Gráfico de dispersión 3D para el porcentaje de acidez.....	59
Figura 30:	Gráfico del efecto principal del % peróxido.....	60
Figura 31:	Gráfico de comparación de contenido de hierro.....	64
Figura 32:	Gráfico de intervalos de la aceptabilidad de los tratamientos.....	67
Figura 33:	Comparación de calificación entre niños vs niñas.....	68
Figura 34:	Determinación de ceniza de la materia prima, harina de quinua negra y spirulina.....	94
Figura 35:	Preparación y horneado de queques.....	94
Figura 36:	Tratamiento de queques elaborados.....	94
Figura 37:	Determinación de cenizas.....	95
Figura 38:	Determinación de acidez expresado en ácido láctico de los queques.....	95
Figura 39:	Preparación de muestras y reactivos para el determinar peróxido.....	95
Figura 40:	Determinación de peróxido de los queques.....	96
Figura 41:	Determinación de grasa por el método Soxhlet.....	96
Figura 42:	Preparación de caldos de cultivo para el análisis microbiológico.....	96
Figura 43:	Verificación de colonias de hongos.....	97
Figura 44:	Tratamientos de queques, productos finales para análisis fisicoquímicos, T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6.....	97
Figura 45:	Análisis sensorial del queque aplicado en niños.....	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Análisis estadístico para el segundo objetivo – según Rstudio.....	91
Anexo 2.	Tabla de valores críticos de Chi Cuadrada, bajo la probabilidad de que $H_0 \geq X^2$	93
Anexo 3.	Panel Fotografías de la investigación.....	94
Anexo 4.	Datos obtenidos del análisis sensorial – aceptabilidad.....	99
Anexo 5.	Formula panadera – porcentaje panadero.....	101
Anexo 6.	Resultado obtenido del análisis de proteína para Spirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	102
Anexo 7.	Resultado obtenido del análisis de proteína para harina de Quinoa INIA 420 -Negra Collana (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).....	103
Anexo 8.	Resultado obtenido del % de proteína T0.....	104
Anexo 9.	Resultado obtenido del % de proteína T1.....	105
Anexo 10.	Resultado obtenido del % de proteína T6.....	106
Anexo 11.	Resultado obtenido del % de hierro T0.....	107
Anexo 12.	Resultado obtenido del % de hierro T1.....	108
Anexo 13.	Resultado obtenido del % de hierro T6.....	109
Anexo 14.	Resultado de porcentaje de proteína – Replicas.....	110
Anexo 15.	Determinación de proteína.....	111
Anexo 16.	Determinación de humedad.....	112
Anexo 17.	Determinación de ceniza.....	112
Anexo 18.	Determinación de acidez.....	112
Anexo 19.	Determinación de peróxido.....	113
Anexo 20.	Determinación de grasa.....	114
Anexo 21.	Determinación de fibra.....	114
Anexo 22.	Carbohidratos solubles.....	115
Anexo 23.	Análisis microbiológico – Moho.....	115
Anexo 24.	Cartilla de evaluación sensorial de escala hedónica de cinco puntos.....	115

RESUMEN

La industria panificadora tiene gran demanda y aceptación por la población rural y urbana. Pero estas carecen de innovación y valor agregado. La harina de quinua INIA – 420 Negra Collana y Spirulina son fuentes de proteínas, hierro y otros compuestos para ser agregados a matrices alimentarias innovadoras, las cuales pueden contribuir en minimizar la desnutrición. El objetivo de la investigación fue optimizar los porcentajes de adición de harina de quinua INIA – 420 Negra Collana y Spirulina para la elaboración de queques con alto valor proteico. Primero se determinaron los porcentajes óptimos de adición de harina de quinua negra y spirulina sobre el contenido de proteína en 13 tratamientos de queque mediante el modelo de superficie de respuesta y diseño central compuesto; segundo se determinó el contenido de hierro de dos queques con alto contenido de proteína conducidos bajo el diseño completamente al azar (DCA) y comparados según la prueba de Tukey; finalmente se sometió al análisis de aceptabilidad, escala hedónica facial de 5 puntos, analizado mediante la prueba de Friedman, El mejor tratamiento fue T1 (34.1 % harina de quinua negra y 2.0 % spirulina) obtuvo 8.72 % proteína, 18 % humedad, 0.42 % acidez y 1.42 me/kg de peróxido, así mismo el queque con mayor contenido de hierro fue el T1 con 3.414 mg/100g de hierro, respecto al análisis sensorial el queque T0 (0% de harina de quinua negra y spirulina) obtuvo mayor aceptabilidad seguido del T1 (34.1 % harina de quinua negra y 2.0 % spirulina), concluyendo que la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y Spirulina mejorara el valor nutricional en términos de proteína y hierro, los ingredientes se consideran prometedor para la elaboración de queques dirigido a la alimentación infantil, por qué contribuirá a la salud nutricional, como merienda que es fuente de proteína y hierro.

Palabras claves: Hierro, proteína, spirulina, quinua negra.

ABSTRACT

The bakery industry is in great demand and accepted by the rural and urban population. But they lack innovation and added value. Quinoa flour INIA - 420 Negra Collana and Spirulina are sources of protein, iron and other compounds to be added to innovative food matrices, which can contribute to minimise malnutrition. The objective of the research was to optimise the addition percentages of INIA - 420 Negra Collana quinoa flour and Spirulina for the elaboration of high protein value cakes. First, the optimal percentages of addition of black quinoa flour and spirulina on the protein content in 13 cake treatments were determined using the response surface model and central composite design; second, the iron content of two high-protein cakes conducted under the completely randomised design (CRD) was determined and compared according to Tukey's test; finally, the acceptability analysis was subjected to a 5-point facial hedonic scale, analysed using Friedman's test. The best treatment was T1 (34.1 % black quinoa flour and 2.0 % spirulina) obtained 8.72 % protein, 18 % humidity, 0.42 % acidity and 1.42 me/kg peroxide, likewise the cake with the highest iron content was T1 with 3.414 mg/100g of iron, with respect to the sensory analysis the T0 cake (0% black quinoa flour and spirulina) obtained greater acceptability followed by T1 (34.1 % black quinoa flour and 2.0 % spirulina), concluding that the quinoa flour INIA 420 - Black Collana and Spirulina will improve the nutritional value in terms of protein and iron, the ingredients are considered promising for the preparation of cakes aimed at children's food, because it will contribute to nutritional health, as a snack that is a source of protein and iron.

Keywords: Black quinoa, iron, protein, spirulina.

RESUMO

A indústria de panificação é muito procurada e aceita pela população rural e urbana. Mas falta-lhes inovação e valor acrescentado. A farinha de quinoa INIA - 420 Negra Collana e a Spirulina são fontes de proteína, ferro e outros compostos a serem adicionados a matrizes alimentares inovadoras, que podem contribuir para minimizar a desnutrição. O objectivo da investigação foi otimizar as percentagens de adição de farinha de quinoa INIA - 420 Negra Collana e Spirulina para a elaboração de bolos de elevado valor proteico. Em primeiro lugar, determinaram-se as percentagens óptimas de adição de farinha de quinoa negra e de spirulina sobre o teor de proteínas em 13 tratamentos de bolos, utilizando o modelo de superfície de resposta e o desenho composto central; em segundo lugar, determinou-se o teor de ferro de dois bolos de elevado teor proteico conduzidos sob o desenho completamente aleatório (CRD) e comparados de acordo com o teste de Tukey; por último, a análise da aceitabilidade foi submetida a uma escala hedónica facial de 5 pontos, analisada através do teste de Friedman. 1 % de farinha de quinoa preta e 2,0 % de spirulina) obteve 8,72 % de proteína, 18 % de humidade, 0. 42 % de acidez e 1,42 me/kg de peróxido, da mesma forma o bolo com maior teor de ferro foi o T1 com 3,414 mg/100g de ferro, em relação à análise sensorial o bolo T0 (0% de farinha de quinoa preta e spirulina) obteve maior aceitabilidade seguido do T1 (34,1 % de farinha de quinoa preta e 2. 0 % de spirulina), concluindo que a farinha de quinoa INIA 420 - Black Collana e a Spirulina irão melhorar o valor nutricional em termos de proteína e ferro, os ingredientes são considerados promissores para a elaboração de bolos voltados para a alimentação infantil, pois irá contribuir para a saúde nutricional, como um lanche que é fonte de proteína e ferro.

Palavras-chave: Ferro, proteína, spirulina, quinoa preta.

INTRODUCCIÓN

En Perú las matrices alimentarias elaboradas por la industria de la panificación tienen una gran aprobación por los sectores rurales y urbanos; tales como el queque, alimentos que tienen considerable importancia en todos los niveles sociales de la población.

La desnutrición es un problema de salud mundial, afectando principalmente a niños en países en vías de desarrollo, según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), uno de cada ocho menores de cinco años padecían desnutrición crónica en los países en desarrollo (Al-Azhar, 2016), de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) la carencia de hierro es una de las mayores prevalencias a nivel mundial, en el 2011 la insuficiencia de hierro y la anemia habían afectado alrededor de 800 millones de niños y mujeres (Otegui *et al.*, 2010).

La quinua INIA 420 – Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Willd.), es reconocida como un grano andino con alto contenido nutricional, con potencial para la alimentación de la población en la región andina de Sudamérica, la quinua supera los requerimientos estándar, este grano es utilizado como un ingrediente saludable para producción de productos: pasta, pan, harinas, snacks y otros alimentos. Cada vez se reportan varios estudios científicos sobre la aplicación de la quinua en sustituto o suplemento de propiedades nutricionales y funcionales, la quinua aporta entre 14 a 17 por ciento de proteína (Chatain *et al.*, 2019).

Se ha informado que la spirulina, es una fuente nutricional desde el siglo XVI, y las Naciones Unidas, en su conferencia mundial celebrada en 1974, declararon a la spirulina como posible “mejor alimento para el futuro” (Maddaly *et al.*, 2010), la spirulina, es el nombre común con el que se conoce a la biomasa seca de la *Arthrospira platensis*, varias investigaciones alcanzaron a comprobar la composición nutricional de la spirulina y sus efectos beneficiosos de la salud (Batista *et al.*, 2012), la spirulina es rica en fuentes de proteína, lípidos, vitaminas B y minerales como calcio, hierro, magnesio, manganeso, potasio y zinc (Campanella *et al.*, 2002), es más fácil de digerir que la carne, contiene aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales y pigmentos (Tarazona, 2018), varias investigaciones indican que la spirulina es un superalimento por su contenido de 65 a 70 por ciento de proteína y gran cantidad de vitaminas y minerales, varios estudios han proporcionado la evidencia de la eficiencia de spirulina en la nutrición humana.

La adición de granos andinos a nuevas matrices alimentarias incrementa el valor nutricional, así mismo proporciona efectos positivos en las características sensoriales del producto (Stikic *et al.*, 2012).

La spirulina y la quinua INIA 420 – Negra Collana, al ser fuente de proteína (contra la desnutrición), hierro (contra la anemia) el consumo de pequeñas cantidades puede minimizar los problemas de desnutrición, el enriquecimiento de las matrices alimentarias, presenta varias ventajas como incremento del valor nutricional, retención de humedad, mejora de la textura y elasticidad (Araújo, 2016).

Es así que la spirulina y la quinua negra son alimentos que se pueden adicionar a diferentes matrices alimentarias de innovación o tradicionales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La desnutrición es uno de los mayores problemas que afectan a la niñez a nivel nacional, con consecuencias a corto plazo (mayor riesgo de muerte), y a largo plazo (deterioro del desarrollo cognitivo). Esto se debe principalmente a la falta de alimentos ricos en micronutrientes (vitaminas A, C y minerales: hierro, calcio y zinc) y macronutrientes (proteínas), por consiguiente la desnutrición ha provocado la anemia en la población, de acuerdo a la información brindada por INEI – ENDES 2019, Puno presenta la mayor prevalencia de anemia con 69.9 % que afecta a la mayor parte de los niños, así generándose un problema de salud en la región puneña y a nivel nacional, la anemia es considerada un problema de salud pública, cuando se tiene anemia, el cuerpo no recibe suficiente sangre rica en oxígeno y como consecuencia, se puede sentir cansancio o debilidad y así disminuye el proceso de aprendizaje. Para prevenir la anemia es muy importante el consumo de alimentos ricos en hierro; por eso es importante la buena alimentación en los niños.

Se sabe que la región Puno cuenta con recursos alimenticios de buena calidad nutricional, como la quinua (INIA 420 – Negra Collana) este es uno de los granos andinos poco procesados, este ocupa un lugar predominante como un alimento de alto contenido nutricional y económico en zonas rurales de Puno, así mismo la spirulina producidas en diferentes partes de Perú, considerada en la actualidad como complemento nutricional ideal para el rendimiento diario y fortalecer las defensas, además es rica en vitaminas y minerales, por lo tanto, la industria de la panadería y pastelera necesita el desarrollo de alimentos nutritivos: Ricos en micronutrientes y macronutrientes y que estos puedan ser ofrecidos a la población consumidora de estos productos. Por ende, se plantea las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los parámetros óptimos de porcentaje de la harina de quinua Negra Collana y spirulina sobre el contenido de proteína en la elaboración de queques?
- ¿Cuál es el contenido de hierro de los queques con alto contenido de proteína?
- ¿Cuáles son los resultados de la evaluación de la aceptabilidad del queque con mayor contenido de proteína y hierro?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivos generales

- Optimizar los porcentajes de adición de harina de quinua Negra Collana y Spirulina para la elaboración de queques con alto valor proteico.

1.2.2. Objetivo específico

- Determinar los parámetros óptimos de porcentaje de la adición de harina de quinua Negra Collana y Spirulina sobre el contenido de proteína en la elaboración de queques.
- Determinar el contenido de hierro de los queques con alto contenido de proteína.
- Evaluar la aceptabilidad de los queques con mayor contenido de proteína y hierro.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación esta enfoca en la optimización del porcentaje de adición de harina de quinua negra (*Chenopodium quinoa* Willd.) y spirulina (*Arthrospira platensis*) en la elaboración de queques con alto valor proteico. Por ende, se entiende que la desnutrición afecta a la población infantil, pese a los esfuerzos por diversos sectores que luchan contra la desnutrición, la región Puno es una de las regiones que sigue liderando los casos de desnutrición y por consiguiente la anemia, Puno presenta la mayor prevalencia de anemia con 67.7 % que afecta a la mayor parte de los niños, según la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES, 2018), así generándose un problema de salud pública, limitándolos en su desarrollo diario, ya que pueden sentir cansancio o debilidad y disminuye el proceso de aprendizaje en niños. A nivel nacional, uno de cada tres niños menores 12 años (35.6 %) y uno de cada dos niños menores de 5 años (46.8 %) tiene anemia de acuerdo a la última Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES, 2018).

La región de Puno es una de las mayores regiones productoras de quinua negra, este grano es una fuente rica en proteínas y aminoácidos, además contiene todo el aminoácido requerido por el cuerpo, así mismo contiene vitaminas del complejo B, vitaminas C y D, hierro, es

considerado un alimento nutritivo y medicinal, este grano andino ha sido catalogado como un alimento único, “superalimento”, por organizaciones internacionales como la ONU, FAO y la OMS de acuerdo a un reporte de (MINAGRI, 2018). Así mismo la spirulina es un alga famosa por ser fuente importante de vitaminas y minerales (calcio, hierro, zinc) por lo que destaca por su alto valor nutritivo, es uno de los alimentos más compactos, ya que bastan raciones de 2 a 5 gramos por día para proporcionar, al ser humano, sus beneficios nutricionales según (Ponce, 2013) Existe la necesidad en la población de la generación de alimentos transformados que contengan alto contenido en micronutrientes y macronutrientes, es por ello que, en esta investigación se busca la elaboración de queque con alto contenido de proteína, a partir de la optimización de porcentajes de harina de quinua negra y spirulina en la elaboración de queques con alto valor proteico y lograr encontrar la formulación adecuada que tenga el mayor contenido de proteína y que esta tenga una buena aceptabilidad.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Después de realizar una revisión de distintos trabajos de investigación, con relación a la investigación, se encontró antecedentes de trabajos tales como:

En la investigación de Garay (2018), elaboró galletas antianémicas en su trabajo de investigación, donde tuvo como objetivo específico formular y evaluar fisicoquímica y sensorialmente las galletas antianémicas enriquecidas con quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sangre bovina. Para la cual se utilizó harina de trigo (10 %), quinua (20 %) más sangre bovina (50 %). De las pruebas fueron elegidas T1 (30 %), T3 (40 %) y T5 (50 %) de los porcentajes de sustitución sangre bovina, las que fueron sometidas a la prueba sensorial de preferencia mediante una escala hedónica exigida, donde se contó con 30 panelistas semi entrenados, quienes indicaron que el T5 tiene buen color, sabor y textura, resultó ser la prueba con mayor aceptabilidad la cual fue sometido a análisis fisicoquímico y microbiológico, resultando ser un producto apto para el consumo humano; conteniendo: humedad 3,20 %, índice de peróxido 0,15 meq/kg de aceite o grasa, ceniza 1,30, acidez 0,09 %, mohos UFC/g < 10 y de buena aceptabilidad.

Dentro las investigaciones de Gutiérrez y Tello (2018), evaluaron el efecto de la incorporación de spirulina en las características nutricionales y sensoriales de una galleta elaborada a base de harina de trigo y kiwicha, en la cual se realizó cuatro formulaciones donde se sustituyó harina de trigo por harina de kiwicha en un 30 %. Asimismo, la spirulina fue incorporada en 0 % galletas control, 1 %, 3 % y 5 % respectivamente, a las cuales se les hizo la evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial. Donde los resultados mostraron el incremento de proteínas, grasas, cenizas, humedad, hierro, calcio y sodio, debido a la adición de spirulina, respecto a la evaluación sensorial la mejor prueba de 3 % de spirulina con mayor puntaje aceptación.

Por parte de Capurro y Huerta (2016), evaluaron el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha, harina de quinua y harina de maíz para obtener galletas con

el mayor valor nutricional y con mejor aceptabilidad en el consumidor, los resultados 7 demostraron que el tratamiento 7 (6 % de harina de kiwicha, 16 % de harina de quinua y 24 % de harina de maíz) fue considerada como la mejor formulación, al obtener un cómputo químico de Lisina del 97 % y mayor al 100 % para los demás aminoácidos esenciales, así mismo esta goza de una buena aceptación, presentando los siguientes indicadores organolépticos; apariencia general (6.8), aroma (6.4), textura (6.3), color (6.7) y sabor (6.5) para una escala hedónica de 9 puntos. Donde solo los parámetros de aroma, sabor y color no tuvieron diferencia significativa. Lo que hace indicar que al utilizar las harinas de kiwicha, quinua y maíz para beneficiar al producto final no interfiere en las características sensoriales finales.

En la investigación según de Morais *et al.* (2006), desarrollaron galletas de chocolate enriquecido con *Spirulina platensis*, en la cual se prepararon galletas de chocolate: control (sin *S. platensis*) y galletas que contenían 1.0; 3.0 y 5.0 % de *Spirulina platensis*, donde las galletas con la adición de 5.0 % de *Spirulina platensis* mostró un contenido de proteína de 7.7 % superior al control, el contenido de humedad, cenizas y la fibra cruda no influyeron por la cantidad de *Spirulina platensis* y en cuestión a la valoración de la intención de compra, comparando las galletas con adición de *Spirulina platensis*, la muestra con mayor aceptación por parte de los jueces fue la muestra con 1.0 % de *Spirulina platensis*.

Figueira *et al.* (2011) elaboraron pan sin gluten con harina de arroz enriquecido con microalgas *Spirulina platensis*, con el objetivo aumentar el contenido de proteína de los panes con la adición de microalgas seca *Spirulina platensis*, se prepararon cinco tratamientos de pan: control (sin adición de *Spirulina platensis*) y otros con 2, 3, 4 y 5 % de biomasa seca de *Spirulina platensis*, los panes fueron evaluados según el volumen específico, dureza de la miga y color de la miga, en los resultados se mostró que la adición de *Spirulina platensis* provocó una mejora en la calidad nutricional de los panes, confirmando el aumento significativo del 39.04 % en el contenido de proteína, además de varios aminoácidos esenciales, se concluye que los panes elaborados con harinas de arroz con adición de 2 a 5% de *Spirulina platensis* tuvo mayor contenido de proteína aumentos de 15.59 y 39,04 % en panes, en cuanto a la evaluación sensorial de 36 jueces, 22 de ellos seleccionaron, pan con 3 % de adición como preferido.

Villalobos-Gutiérrez y Hernández-Pérez (2019) elaboraron un producto de panadería, donde se mejoró la composición nutricional como el incremento de hierro y que tenga aceptabilidad en preescolares y escolares, para esta investigación se formularon queques de chocolate con

2.0 % de spirulina y limón con 2.1 % de spirulina, se les determinaron la aceptabilidad, composición nutricional y el contenido de hierro, para la investigación se tuvo una muestra de 100 niños de ambos sexos, 51 %, niñas y 49 %, niños, 50 % preescolares (5-6 años), y 50 % escolares (6-10 años), en la investigación se observó que el queque de chocolate es más aceptable (4.91 ± 0.06 ; $p < 0.05$) que el de limón, además es alto en hierro según los análisis realizados, en conclusión el queque de chocolate fue significativamente más aceptable que el queque de limón.

La investigación de Batista *et al.* (2017) donde se evaluaron microalgas (*Arthrospira platensis* F & M-C256, *Chlorella vulgaris* Allma, *Tetraselmis suecica* F & M-M33 y *Phaeodactylum tricornutum* F & M-M40) como ingredientes innovadores para potenciar las propiedades funcionales de galletas, las galletas se prepararon de acuerdo con una formulación previamente optimizada usando harina de trigo, azúcar, polvo de hornear, margarina y biomasa de microalgas, se prepararon tres muestras: muestra de control 0 % y muestras con 2 % y 6 % de microalgas, se realizó el análisis de color, análisis de textura, determinación de aw, determinación de composición química proximal, determinación de ficocianinas y capacidad antioxidante, análisis sensoriales. Las propiedades sensoriales y físicas de las galletas fueron evaluadas durante ocho semanas, las galletas preparadas con microalgas *A. platensis* y *C. vulgaris* presentaron mayor contenido de proteína 7.8 % y 8.0 en comparación con el control 4.9 %, las galletas *A. platensis* presentaron los puntajes sensoriales más altos, así como un alto contenido de proteína y fenoles.

2.2. QUINUA

2.2.1. Aspectos generales de la quinua

La quinua tiene distintos nombres comunes que son: kinua, quinua, parca, quiuna (en idioma quechua); supha, jopa, jupha, jiura, aara, ccallapi y vocali (en aymara); suba y pasca (chibcha); quingua (mapuche); quinoa, quinua dulce, dacha, dawe (araucana); jupa, jara, jupa lukhi, candonga, licsa, quiñoa (Mujica & Jacobsen, 2006).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es considerado cereal nativo de las laderas de los Andes; los indígenas de Perú, Bolivia y Ecuador, sur de Colombia, Chile y norte de Argentina, este cereal ha sido utilizada desde tiempos ancestrales, específicamente en las regiones que fueron dominadas por los incas, para su uso en diversos platos, puesto que es considerada el alimento de los dioses (Romo *et al.*, 2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un pseudocereal que es muy empleado en la industria alimentaria, y representa una

tendencia para la dieta humana debido a que tiene excelente valor nutricional (Xu *et al.*, 2019).

La quinua (*Chenopodium quinua* Willd.), por su gran valor alimenticio y nutritivo, ha causado gran interés entre las empresas agroindustriales e instituciones públicas y privadas, tales como nacionales e internacionales. En el Perú la quinua es producida por pequeños agricultores en una gran diversidad de zonas agroclimáticas y pisos ecológicos con sistemas tradicionales de producción, procesamiento, almacenamiento y distribución. La producción y el rendimiento no solo son muy bajos, sino, este varía de acuerdo a las zonas agroecológicas, años y épocas estacionarias (Mujica *et al.*, 2020).



Figura 1: Variedad de granos de quinua

FUENTE: Quispe *et al.* (2019)

Según León-Lobos *et al.* (2019), indica que la quinua o conocida también como quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es el cultivo con mayor potencial para la alimentación de la urbe en la región andina de Sudamérica, de ser en el pasado considerado en un “cultivo de indios”, actualmente es uno de los cultivos con mayor demanda mundial, debido a su potencial en los logros de seguridad alimentaria y propiedades nutricionales.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es identificada como uno de los alimentos completos debido a su aporte integral a la nutrición humana; la quinua supera los requerimientos estándar, y este presenta compuestos de alto valor funcional como polifenoles, fitoesteroles y flavonoides, en cuanto a la calidad tiene buenas características para la innovación de alimentos (Vargas *et al.*, 2019).

2.2.2. Clasificación taxonómica

La quinua es una planta de la familia *Chenopodiaceae*, esta tiene vasta distribución mundial, con un aproximado de 250 especies. Dentro del género *Chenopodium*, se pueden distinguir cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias, como productoras de grano,

Chenopodium quinoa Willd, y *Chenopodium pallidicaule* Aellen, en Sudamérica, como verdura *Chenopodium nuttalliae* Safford y *Chenopodium ambrosioides* (Apaza *et al.*, 2013), la clasificación está dada de la siguiente manera.

Reino: *Vegetal*

División: *Fanerógama*

Clase: *Dicotiledóneae*

Subclase: *Angiospermas*

Orden: *Centrospermales*

Familia: *Chenopodiaceae*

Género: *Chenopodium*

Sección: *Chenopodia*

Subsección: *Cellulata*

Especie: *Chenopodium quinoa* Willdenow

2.2.3. INIA 420 Negra Collana

La variedad de quinua INIA 420 – NEGRA COLLANA, tiene una vasta base genética, y está compuesto por trece accesiones provenientes de doce localidades, esta es comúnmente conocida como “quytujiwras”, el nombre comercial estipulado es de INIA 420 – NEGRA COLLANA, y es el resultado de pruebas de caracterización, ajuste y eficiencia desarrollada participativamente con productores de las comunidades campesinas como: Collana, Collpa, a, Vizcachani, Ilave, Mañazo y Pilcuyo todos pertenecientes al departamento de Puno (INIA, 2013).



Figura 2: Quinua variedad INIA 420 Negra Collana

FUENTE: Apaza *et al.* (2013)

Los principales usos de la quinua Negra Collana son, consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas; en la agroindustria: grano perlado, laminado, molienda, expandida, extruida y tostada, según Arzapolo *et al.* (2015) la viscosidad de la variedad negra

Collana genera una pasta más viscosa por lo que es un potencial para la innovación de alimentos.

2.2.4. Composición nutricional.

El valor nutricional es asociado a las solicitudes de los consumidores, que demandan por alimentos saludables, con la viabilidad de utilizar como suplemento o remplazar completamente a granos comunes como el arroz o trigo por un cereal con alto valor nutricional como la quinua, según INIA (2013) citado por Arisaca (2016) la composición nutricional de la quinua variedad INIA 420 Negra Collana es:

Tabla 1: Composición química de la quinua INIA 420 Negra Collana

Componentes	Unidad de medida	Contenido
Humedad	%	10.00
Proteína	%	17,85
Fibra	%	1.89
Cenizas	%	2,20
Grasa	%	9.82
Energía	kcal/100 g	385,46 kcal/100
Acidez	%	0,00
Saponina	%	0,015

FUENTE: INIA (2013)

Tabla 2: Características bromatológicas de la quinua INIA 420 Negra Collana

Componentes	Apaza <i>et al.</i> (2013)	Arzapolo <i>et al.</i> (2015) ^a	Arzapolo <i>et al.</i> (2015) ^b	Aviles (2019)
Humedad (%)	9,88	11,50	NE	10.17
Proteína (%)	17,62	9,90	11,19	10.45
Fibra (%)	2,10	3,21	3,6	3.26
Cenizas (%)	2,13	2,62	2,94	2.64
Grasa (%)	5,94	4,67	5,31	6.74
ELN (%)	62,33	NE	NE	NE
Energía (kcal/100 g)	368,61	367,12	NE	NE
Saponina (%)	0,00 %	NE	NE	NE

a = estudiado en base humedad, b = estudiado en base seca, NE = no estudiado

2.2.5. Propiedades funcionales de la harina de quinua

Las primordiales propiedades funcionales de la harina de quinua son: solubilidad, gelificación, capacidad espumante y estas actúan como emulsionante, según Abugoch (2009) así mismo se realizó el estudio de la solubilidad de la proteína de la harina de quinua con relación al calor (cocción y esterilización en autoclave) donde reportaron que los valores de solubilidad de la harina de quinua en pH ácido, implica que la proteína puede ser útil en la formulación de bebidas, sopas, salsas, deshidratados.

Tabla 3: Propiedades funcionales de la quinua

Harina	Solubilidad, capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, emulsionante y espumante, capacidad gelificación.
Proteína concentrada y proteína aislada	Solubilidad, capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de agua, capacidad emulsionante y espumante.
Almidón	Poder de absorción de agua, solubilidad, viscosidad, estabilidad, congelamiento-descongelamiento, capacidad de retención de agua.

FUENTE: Abugoch James (2009)

La quinua puede ser transformada en diferentes productos y se le puede dar diferentes usos en la industria alimentaria y la composición fisicoquímica varía en cada tipo de presentación de quinua (Zea, 2010).

Tabla 4: Composición Físico-Química de la quinua en diferentes presentaciones

Componentes	Und. Med.	Harina	Hojuela	Quinua Cruda	Quinua Cocida
Energía	Cal.	341	374	374	101
Proteína	g	9.1	8.5	13.6	12.8
Carbohidratos	g	72.1	78.6	66.3	0.7
Fibra	g	3.1	3.8	1.9	0.7
Ceniza	g	2.5	2.2	2.	0.6
Hierro	mg	3.7	4.7	7.5	1.6

FUENTE: Zea (2010)

Zea en el 2010, realizó comparaciones de contenido de proteína entre harina de quinua extruido y sin extruir, llegando al resultado que la harina de quinua Negra Collana sin extruir presenta mayor contenido de proteína 14.94 %, así mismo como: humedad 7.79 %, grasa 6.73 %, fibra 4.64, ceniza 2.12 %, mientras que Chara (2016) reporto, humedad 12.85 %, proteína 13.58 %, grasa 6.49, fibra 3.12 %, ceniza 1.68, carbohidratos 62.28 %.

2.2.6. Potencial de la harina de quinua en la industria alimentaria

La quinua generalmente se considera un ingrediente saludable para producir varios productos. Por lo tanto, la quinua se puede ser empleada para elaborar productos alimenticios con sus funciones únicas y propiedades reológicas, sensoriales y nutricionales. Cada vez se reportan más estudios sobre las aplicaciones de la quinua para el desarrollo de productos alimenticios y la evaluación de los efectos de la quinua en polvo sustituto o suplemento de propiedades nutricionales y funcionales productos alimenticios como productos de panadería y pastas (Czekus *et al.*, 2019; Gostin, 2019; Tiga *et al.*, 2021).

Según Torres, Lema, y Galeano (2021), citado por Mu *et al.* (2022), afirma que la harina de quinua incrementa el contenido de proteína en la formulación de pastas, las características y estructurales cambian significativamente, esto debido a la interacción molecular de la proteína con el almidón, la quinua aporta entre 14 a 17 % de proteína (Chatain *et al.*, 2019).

Vásquez *et al.* (2016) menciona que al realizar comparación entre pan normal y pan con harina de quinua en distintos porcentajes, el contenido de proteína, grasa, incrementa en el producto a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución y el contenido de carbohidratos disminuye a medida que aumenta el porcentaje de sustitución, así mismo

Navarro-Martínez y Pereira-Jalilie (2000), así mismo afirma que a medida que se incrementa la sustitución de la harina de quinua incrementa el porcentaje de proteína y grasa.

Generalmente, la quinua es utilizada en la industria de la pasta y panadería, y en diferentes investigaciones realizadas en panificación, se demostró la factibilidad de adicionar harina de quinua como sustituto de harina de trigo: 10 % de harina de quinua (Elías *et al.*, 2021), 15 % de harina de quinua (Mendoza-Pérez y Palacios-Morales, 2018), 30 % de harina de quinua (Aviles, 2019), hasta 75 % de harina de quinua reportada por (Navarro-Martínez y Pereira-Jalilie, 2000).

La quinua negra es empleada por la industria de las pastas (Pellegrini *et al.*, 2018), y la industria de los embutidos como sustituto de grasa (Fernández-López *et al.*, 2020; Sayas-Barberá *et al.*, 2021), la quinua como sustituto de grasa aumenta la salubridad de los productos, reduce el contenido de grasa y mejora el contenido de fibra, mencionado por Fernández-López *et al.* (2020), además indica que estas propiedades atribuidas a la quinua negra la han convertido en un ingrediente muy atractivo para ser incorporado en diferentes alimentos, actualmente existe un crecimiento del interés en la industria alimentaria para obtener productos de alto valor agregado a partir de granos de quinua negra.

Tabla 5: Características fisicoquímicas de la harina de quinua y trigo

Componentes	Harina de trigo ^a	Harina de quinua ^a	Harina de quinua ^b
Humedad (%)	13.1	6.4	13.10
Proteína (%)	12.4	16.9	15.44
Ceniza (%)	NE	NE	0.06

NE = no estudiado

FUENTE: Bermúdez (2017)^a, Arroyave y Esguerra (2006)^b

Tabla 6: Contenido de hierro en diferentes panes elaborados en investigaciones

Tipo de análisis	Pan enriquecido con harina de quinua y soja	Pan enriquecido con harina de quinua y soja	Pan francés	Pan francés fortificado con hierro
Hierro(mg/100g)	6.2	6.0	1.0	3.14

FUENTE: Mendoza-Pérez y Palacios-Morales (2018)

Tabla 7: Comparación de investigaciones de las propiedades fisicoquímicas de productos elaborados con harina de quinua

Referencia	Valor energético (K/cal)	Proteína (%)	Humedad (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Hierro (%)	Acidez (%)
Elías <i>et al.</i> (2021)	NE	8.64	17.78	11.39	1.49	1.72	59.02	NE	NE
Mendoza-Pérez y Palacios-Morales (2018)	295.6	12.5	26.5	5.0	2.1	NE	53.9	6.0	NE
Navarro-Martínez y Pereira-Jalilie (2000)	344.06	7.50	35.96	9.43	3.20	11.05	56.7	NE	0.28
Aviles (2019)	401.14	6.45	10.17	6.74	2.64	3.26	62.74	NE	NE
Chara (2016)	NE	6.97	8.65	8.05	4.08	2.46	63.07	NE	NE
Vásquez <i>et al.</i> (2016)	NE	7.84	12.95	1.47	0.54	NE	72.2	NE	NE
Catacora (2018)	NE	2.23	4.88	19.94	0.76	28.99	41.88	NE	NE
(Aviles, 2019)	NE	9.24	23.20	5.94	2	6.31	53,31	NE	NE

Nota: NE = no estudiado

2.3. SPIRULINA

2.3.1. Aspectos generales de la spirulina

Spirulina, es el nombre común que hace referencia a la biomasa seca de la *Arthrospira platensis* y es un producto íntegro de origen biológico, la spirulina es una cianobacteria (Gershwin & Belay, 2008), microalga azul-verde simbiótica, multicelular y filamentosa, esta se reproduce por fisión binaria (Tarazona, 2018), la spirulina es un alimento natural que habita en lagos salinos, alcalinos y también se cultiva de forma artificial. El nombre científico asignado es *Arthrospira platensis* (Arthro = articulación), spira = espira) y comúnmente es conocida como una microalga o alga verdi-azul (Jourdan, 2016).

Distintas investigaciones científicas ha podido comprobar la composición nutricional de la spirulina y sus efectos beneficiosos para la salud (Batista *et al.*, 2012; Lafarga *et al.*, 2019; Machado *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2016), la spirulina es rica fuente de proteína, más fácil de digerir que la carne, contiene aminoácidos esenciales y no esenciales, ácidos grasos esenciales, ácidos nucleicos, vitaminas, minerales y pigmentos (Tarazona, 2018).

Spirulina platensis es una microalga con una composición adecuada para ser utilizada como complemento alimenticio, y es comúnmente utilizado por las personas como fuente de proteínas, la spirulina fue estudiada por diferentes autores que indican que es un superalimento por su contenido entre 65 % a 70 % de proteína y gran cantidad de vitaminas y minerales (Colla *et al.*, 2007; Contreras *et al.*, 1981; Gutiérrez-Salmeán *et al.*, 2015; Kay & Barton, 1991).



Figura 3: Vista microscópica de la Spirulina

FUENTE: Henrikson (2009)

Ambrosi *et al.* (2008), indica que los primeros reportes de *Spirulina spp.*, en los alimentos, se remontan a la prehistoria, los cazadores recogían masas gelatinosas de algas para enriquecer su dieta, la spirulina tiene un alto contenido de proteína y se considera una de las fuentes más ricas

en provitamina A (betacaroteno) y hierro absorbible, además de tener altos niveles de vitamina y otros minerales.

2.3.2. Clasificación taxonómica

La designación común e incorrecta de Spirulina para el género *Arthrospira* y para sus especies más estudiadas, las investigaciones unifican dentro del género a priori Spirulina, los organismos oscilatorios que tienen la propiedad de tricomas helicoidalmente enrollados a lo largo de toda la longitud de los filamentos multicelulares, independientemente de la presencia de paredes transversales (Vonshak, 2002).

Honores *et al.* (2019) describe la taxonomía de la spirulina: “verde azulado, cortos o largos, por lo común gregarios, de 7-8 μm de diámetro, espiralados o helicoidales, de 5-9 espiras (5-7) o numerosas, cerradas del mismo diámetro en toda su longitud, a veces ligeramente atenuado hacia los extremos; células más anchas que largas, sub-cuadradas de 3-4 μm o más de longitud; protoplasto generalmente pseudovacuículado, con gránulos en las paredes transversales a menudo difíciles de visualizar” (p.1095).

Reino: *Morena*

Filo: *Cyanobacterias*

Clase: *Cianoficeas*

Orden: *Nostocales*

Familia: *Oscillatoriaceae*

Género: *Arthrospira*

2.3.3. Valor nutricional de la spirulina

La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) aprobó la spirulina como un alimento seguro, sin efectos toxicológicos en la salud humana y proporciono la certificación GRAS (Generally Recognized as Safe).

La spirulina contiene alto contenido proteico, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas, según Ponce (2013), considera un superalimento a la spirulina y que sesenta gramos de spirulina bastan para alimentar a una persona por un día, con diez gramos diarios se puede sobrevivir, mientras que Buriti (2017), indica que sería necesario consumir 25 g/día de spirulina.

El contenido proteico de la spirulina oscila entre 60 y 70 % de su peso seco, esta es una proporción excepcional, ya que la gran mayoría de los alimentos de origen vegetal contienen

solo 18 a 35 % (Gutiérrez-Salmeán *et al.*, 2015), la spirulina aporta una proteína completa, puesto que contiene todos los aminoácidos esenciales (Masten *et al.*, 2022), en términos de nutrición es rica en fuente de macro y micronutrientes que incluye proteína de alta calidad, hierro, vitaminas, minerales.

Spirulina es una microalga azul-verde, muy conocida que es aplicada en diferentes áreas, desde la nutrición humana y animal hasta la producción de bio-combustibles, la spirulina es conocida como una fuente rica de compuestos biológicamente activos, crucialmente para la alimentación, especialmente en caroteno, clorofila, astaxantina, luteína, ficobiliproteínas, aminoácidos, ácidos grasos polinsaturados y vitaminas (Michalak *et al.*, 2020).

Tabla 8: Composición proximal de la spirulina

Componte	Composición por 100 gramos
Agua	4.68 g
Proteína	65-70 g
Tota de lípidos	5-7 g
Carbohidratos	23,90
Fibra	3,6 g
Azúcar total	3,10

FUENTE: Tarazona (2018)

Tabla 9: Contenido de minerales en la spirulina

Componte	Composición por 100 gramos
Calcio	120 mg
Hierro	28.50 mg
Magnesio	195 mg
Fósforo	118 mg
Potasio	1363 mg
Sodio	1048 mg
Zinc	2 mg

FUENTE: Tarazona (2018)

Tabla 10: Contenido de vitaminas en la spirulina

Componte	Composición por 100 gramos
Vitamina C	10.1 mg
Tiamina	2,380 mg
Vitamina B6	0,364 mg
Vitamina A	29 ug
Vitamina D	5 mg
Vitamina K	25,5 ug

FUENTE: Tarazona (2018)

Tabla 11: Contenido de lípidos en la spirulina

Componte	Composición por 100 gramos
Ácidos grasos saturados	2,650 g
Ácidos grasos monoinsaturados	0,675 g
Ácidos grasos poliinsaturados	2,080 g

FUENTE: Tarazona (2018)

Tabla 12: Composición de aminoácidos en la spirulina

Componte	Composición por 100 gramos
Serenina	3235,7 mg
Glicina	3071 mg
Histidina	1188 mg
Arginina	3927 mg
Treonina	2940 mg
Prolina	2270 mg
Valina	3574 mg
Isoleucina	3059 mg
Fenilalanina	2694 mg
Lisina	3261 mg

FUENTE: Belay (2007)

2.3.4. La spirulina y la innovación de alimentos en la industria alimentaria

Las microalgas representan una fuente alternativa e innovadora de ingredientes naturales que pueden ser utilizados en el desarrollo de nuevos productos alimenticios. Por otro lado Batista *et al.* (2012), indica que la industria alimentaria moderna conduce a productos más baratos, saludables y convenientes, esto en respuesta a consumidores cada vez exigentes.

Se han desarrollado una gama de nuevos alimentos saludables y atractivos, elaborados a partir de biomasa de spirulina, ricos en proteínas, hierro y otros, los productos alimenticios tales como: gomitas funcionales con spirulina (Tafur & Obregón, 2019); mezclas alimenticias (Arhuire & Betancur, 2016; Malaga, 2018); yogur con adición de spirulina (Narvez, 2017); muffin de chocolate enriquecido con spirulina (Mendoza, 2017); galleta enriquecida con spirulina (Gutiérrez & Tello, 2018; Molloco & Ventura, 2019); espagueti (Dantas, 2015); biscochos Rodrigues, (2015); barras energéticas (Buriti, 2017); panes (Araújo, 2016), la mayoría de estos productos intentaron y lograron mejorar las propiedades nutricionales de los alimentos mediante la incorporación de spirulina.

Así mismo, investigaciones recientes emplean la spirulina en diferentes gamas de alimentos, proporcionando valor agregado a las nuevas matrices alimentarias como galletas con adición de spirulina (Onacik-Gür *et al.*, 2018; Paula da Silva *et al.*, 2021; Şahin, 2020); productos de panadería (Uribe *et al.*, 2020; Zlateva *et al.*, 2019); pastas (Hussein *et al.*, 2021; Koli *et al.*, 2021; D. Kumar *et al.*, 2022; Mostolizadeh *et al.*, 2020; Raczyk *et al.*, 2022); snacks (Costa *et al.*, 2021; Lucas *et al.*, 2018); barritas nutritivas (A. Kumar *et al.*, 2018); grageas (Bayat *et al.*, 2022); alimentos funcionales (Almeida *et al.*, 2021).

2.3.5. Presentación de productos con adición de spirulina en el mercado peruano

Julio Garay en 2020 presento las galletas vegetarianas que está elaborada de algas marinas (spirulina) y kiwicha, lentejas, cañihua, harina de trigo fortificado, esta galleta indica que puede prevenir y tratar diversas enfermedades como la hipertensión, la anemia, la diabetes, debido a que es una galleta rica en minerales, vitaminas, clorofila y proteínas de alta calidad (La República, 2020), así mismo indica que cada 30 g de esta galleta vegetariana contra la anemia contiene 4,32 por ciento de proteína y 16.5 mg de hierro (Nutri H, 2020).

Así mismo Julio Gray en 2022 presento los chocolates de Nutri H con spirulina que combate la anemia e indica que cada chocolate de 10 g tiene 9 mg de hierro, lo que es suficiente para poder incrementar el nivel de hemoglobina en los niños (Peru21, 2022).

Tabla 13: Comparación de investigaciones de las propiedades fisicoquímicas de productos elaborados con spirulina

Referencia	Valor energético (K/cal)	Proteína (%)	Humedad (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Hierro (%)	Acidez (%)
de Morais <i>et al.</i> (2006)	NE	8.1	7.3	18.6	0.4	1.8	68.6	NE	NE
Araujo <i>et al.</i> (2017)	406.97	7.3	14.0	3.4	1.5	NE	78.72	NE	NE
Lemes <i>et al.</i> (2012)	327.60	14.50	25.76	17.00	3.72	7.87	29.15	NE	NE
Figueira <i>et al.</i> (2011)	NE	9.90	19.19	1.24	2.52	NE	86.41	NE	NE
Lucas <i>et al.</i> (2020)	NE	12.09	12.68	6.16	6.16	NE	67.07	NE	NE
Navacchi <i>et al.</i> (2012)	319.0	4.3	29.0	11.0	1.1	3.8	50.5	NE	NE
Villalobos-Gutiérrez y Hernández-Pérez (2019)	275	NE	NE	11.13	NE	NE	40.13	7.26	NE
Batista <i>et al.</i> (2017)	451	7.8	5.0	16.1	2.3	NE	68.7	NE	NE
Ferreira <i>et al.</i> (2022)	302.65	10,71	4.11	4.44	0.74	NE	41.03	NE	
Donato <i>et al.</i> (2019)		15.30	14.45	14.92	1.44	3.70	50.19	60	NE

NE = no estudiado

2.4. PROTEÍNA

De acuerdo a NIH (2015), National Institutes of Health, las proteínas se encuentran en cada una de las células del cuerpo humano, el organismo necesita proteínas de los alimentos que se ingiere para fortalecer y mantener, los huesos, los músculos y la piel, la mayoría de las proteínas de las plantas son incompletas, es importante obtener suficientes proteínas en la dieta. Por qué el cuerpo no almacena del mismo modo que se acumula grasas o carbohidratos, la cantidad que se necesita depende de la edad, sexo y actividad física.

Tabla 14: Valores requeridos de consumo de proteína al día

	Edad (años)	Peso (kg.)	Ración dietética (g/kg)	Ración dietética (g/día)
Niños	1-3	13	1,2	16
	4-6	20	1,1	24
	7-10	28	1,0	28

FUENTE: Quintana (2018)

2.5. HIERRO

Según NIH (2022), National Institutes of Health, el hierro es un mineral necesario para el crecimiento y desarrollo del cuerpo. El cuerpo necesita del hierro para fabricar la hemoglobina, la cual es una proteína de los glóbulos rojos que transporta el oxígeno de los pulmones a distintas partes del cuerpo, además de la mioglobina, la cual es una proteína que suministra oxígeno a los músculos. Así mismo se necesita hierro para fabricar las hormonas y el tejido conectivo.

Tabla 15: Valores requeridos de consumo de hierro al día

Etapa de la vida	Cantidad recomendada
Bebés hasta los 6 meses de edad	0,27 mg
Bebés de 7 a 12 meses de edad	11 mg
Niños de 1 a 3 años de edad	7 mg
Niños de 4 a 8 años de edad	10 mg
Niños de 9 a 13 años de edad	8 mg
Adolescentes (varones) de 14 a 18 años de edad	11 mg
Adolescentes (niñas) de 14 a 18 años de edad	15 mg

FUENTE: Gómez-Álvarez (2004)

2.6. OPTIMIZACIÓN DE FORMULACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.

De acuerdo a Katz (2021) en la actualidad existe la necesidad de la optimización de ingredientes, actualmente existe tecnología enorme cuando se trata de mejorar o remplazar proteínas, almidones y grasa, la incorporación de una variedad de granos y legumbres en los productos alimenticios se ha vuelto cada vez más popular.

2.5.1. Elementos de la teoría de optimización

La optimización de proceso, es encontrar el conjunto único de condiciones del proceso que produce los mejores resultados, Teixeira y Shoemaker (1989) describió un ejemplo de optimización de procesos en el procesamiento térmico de alimentos enlatados sería encontrar la combinación de tiempo de proceso y temperatura de retorta que produzca una calidad de producto óptima mientras se logra el nivel necesario de esterilización (pp. 169).

2.5.2. Técnicas de optimización.

Este método por el cual se busca todas las combinaciones posibles de variables de decisión de límites de las restricciones para garantizar que se encuentre la combinación óptima, la técnica de optimización puede ser tan simple como buscar metódicamente todas las combinaciones posibles para seleccionar la que produce los mejores resultados, el número de variables de decisiones pueden tomar una amplia gama de valores, el número de posibilidades de búsqueda puede llegar a ser casi ilimitado. En tales situaciones, a menudo es necesario recurrir a una técnica estructurada basada en algún tipo de algoritmo de optimización o software disponible para aplicaciones de ingeniería de alimentos (Teixeira & Shoemaker, 1989).

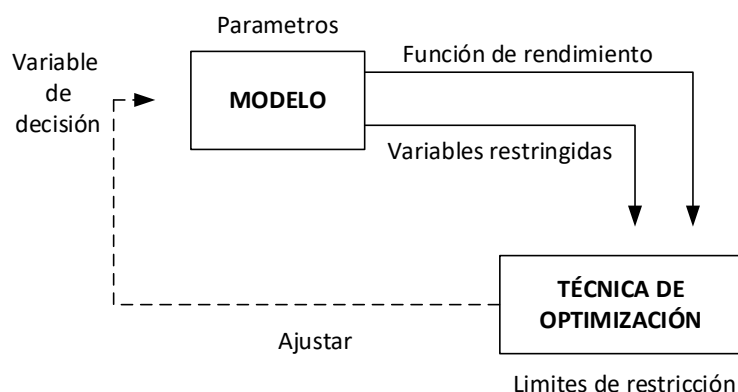


Figura 4: Elementos de optimización

FUENTE: (Teixeira & Shoemaker, 1989)

2.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS CON RESPUESTA

2.7.1. Metodología de la superficie de respuesta (RSM)

Los métodos de superficie de respuesta (RSM) son un repertorio de técnicas matemáticas y estadística disponibles para mejorar, desarrollar y optimizar procesos, así mismo esta metodología es adaptable en el desarrollo, diseño y formulación de innovadores y nuevos productos, así mismo en la mejora de diseño de productos (Gil, 2019).

2.7.2. Método de la máxima pendiente

Se corre secuencialmente una trayectoria en sentido de su máxima pendiente, es decir, del mayor ascenso o descenso de la respuesta en estudio (Goicoechea, 2016).

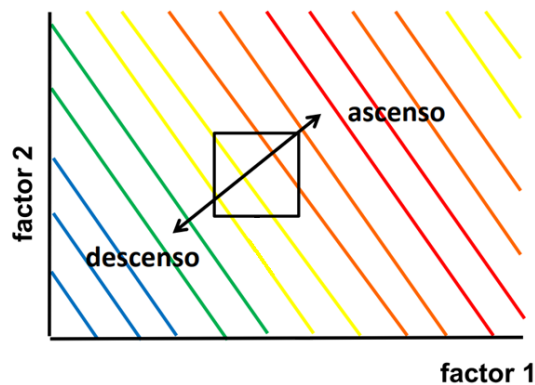


Figura 5: Superficie ajustada con un Modelo de primer orden

FUENTE: Goicoechea, (2016)

2.7.3. Localización del óptimo

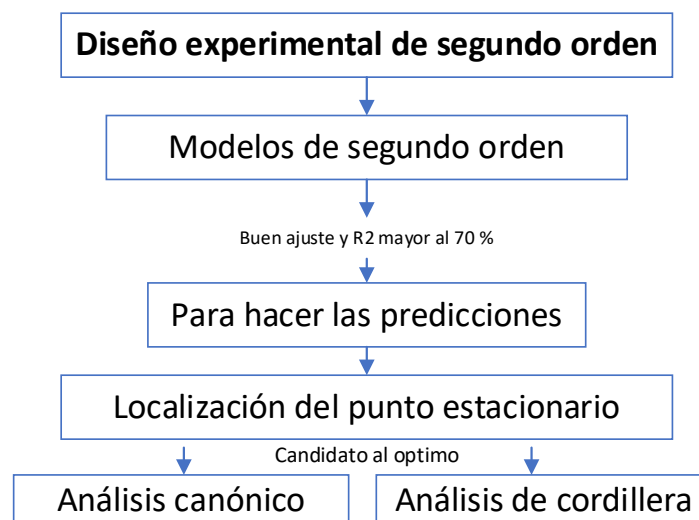


Figura 6: Diagrama de diseño experimental de segundo orden

FUENTE: Goicoechea, (2016)

2.7.4. Punto estacionario

“Este es el punto de espacio de los factores en el cual el plano tangente a la superficie tiene pendiente igual a cero y es un candidato al valor óptimo, y puede representar un punto de máxima, mínima o punto silla en la que la respuesta aumenta o disminuye a partir del punto estacionario en función de la dirección en la que se mueva (Dörendahl *et al.*, 2020)”.

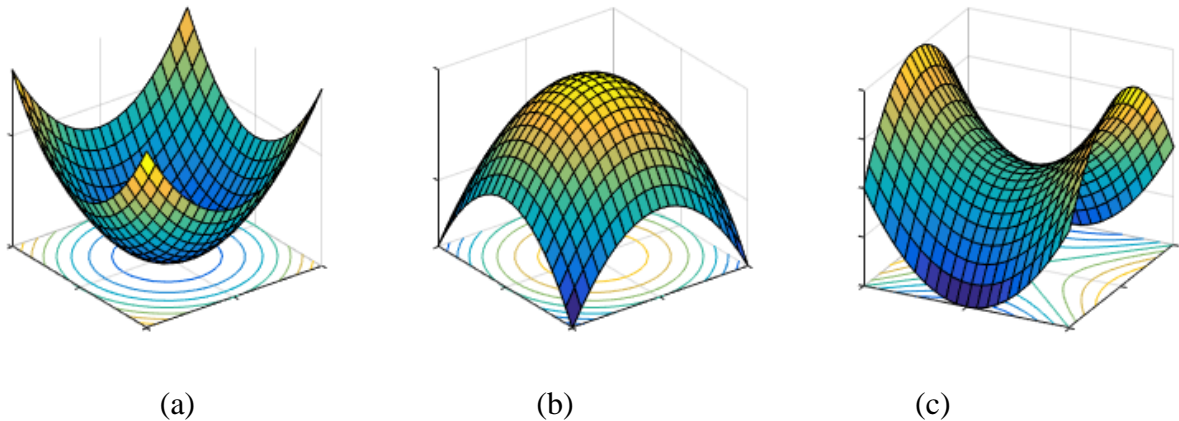


Figura 7: (a) Punto de respuesta mínima – valle , (b) punto de respuesta máxima – loma, (c) punto silla – silla de montar

FUENTE: (Gil, 2019)

Cuando en un diseño se ubica que hay un punto silla, la superficie sube o baja a partir del punto estacionario dependiendo de la dirección conveniente en la que se mueva (Goicoechea, 2016).

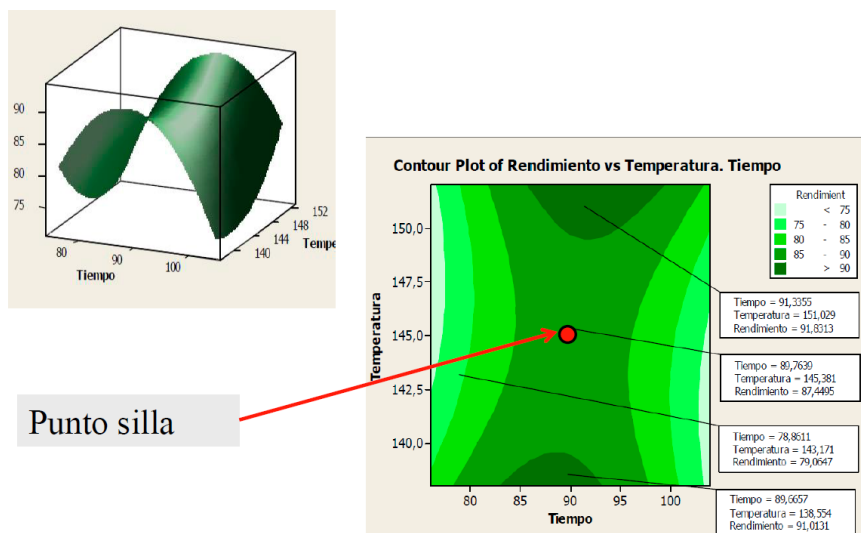


Figura 8: Identificación del punto estacionario

FUENTE (Goicoechea, 2016)

2.7.5. Análisis canónico

Ecuación del modelo canónico:

$$\hat{y} = \hat{y}_s + \lambda_1 w_1^2 + \lambda_2 w_2^2 + \dots + \lambda_k w_k^2$$

Donde w_i son las variables canónicas (variables independientes transformadas) y λ_i las constantes o autovalores de la matriz B .

La superficie de respuesta según su naturaleza se puede determinar a partir del punto estacionario y los signos y magnitudes de los valores λ_i . Teniendo en cuenta que el punto estacionario se encuentra dentro del entorno experimental:

- λ_i positivas: x_s es un punto de mínima respuesta.
- λ_i negativas: x_s es un punto de máxima respuesta.
- λ_i positivas y negativas: x_s es un punto silla.

Además, la superficie tendrá mayor pendiente en la dirección w_i para la que $|\lambda_i|$ es mayor (Gil, 2019).

2.7.6. Caracterización de la superficie

a. Loma ascendente

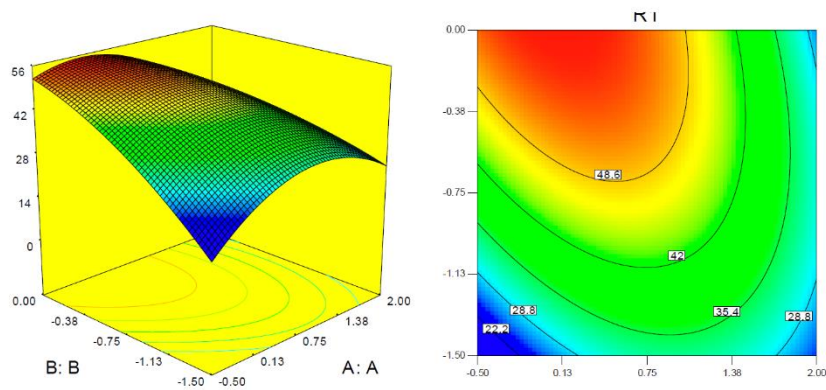


Figura 9: Gráfico tipo loma ascendente

En este caso se sigue experimentando en la dirección del óptimo, siempre que lo permitan las condiciones de operación del sistema en estudio. Se propone un óptimo alternativo, en donde la respuesta es favorable y las condiciones de operación son posibles (de Oliveira *et al.*, 2019; Goicoechea, 2016).

b. Cordillera estacionaria

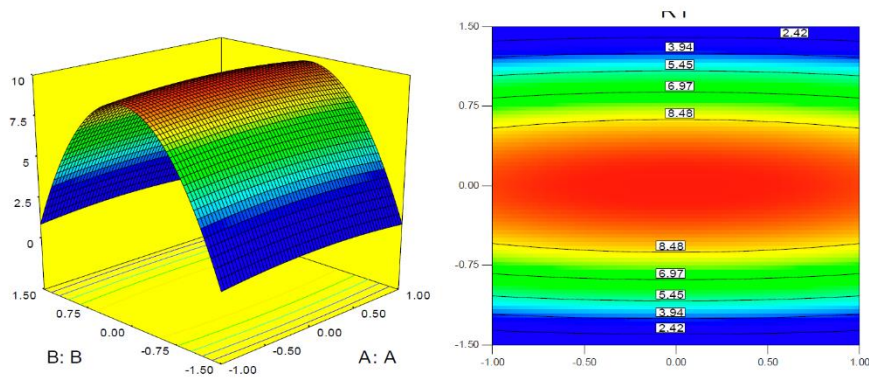


Figura 10: Gráfico tipo cordillera estacionaria

En este caso se selecciona al mejor punto. Desde el punto de vista operacional que dé una respuesta satisfactoria. En este caso poseerá muchas soluciones posibles al problema y se puede elegir sobre la conveniencia del nivel de los factores estudiados (de Oliveira *et al.*, 2019; Goicoechea, 2016).

c. Loma lineal

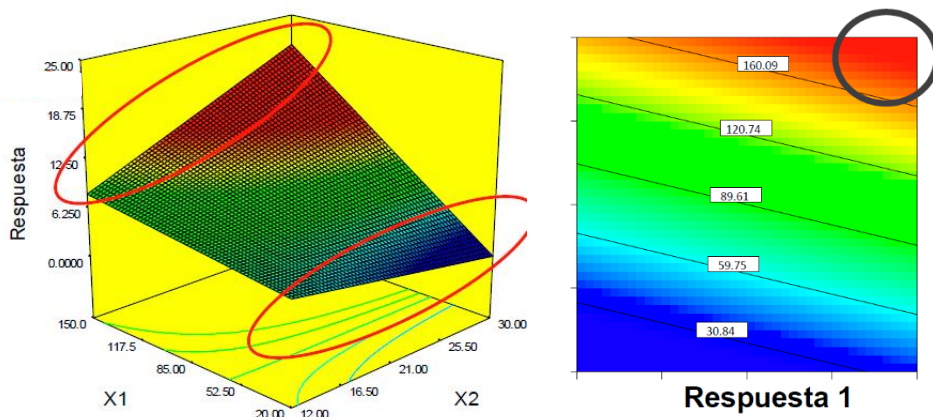


Figura 11: Gráfico de contorno lineal

Ese caso es el modelo lineal con interacción para dos factores o hasta cuatro, se puede encontrar los mejores tratamientos en el color rojo, es fácil de identificar porque se sigue de acuerdo al máximo superior (Montgomery, 2013).

d. Localización del óptimo análisis de cordilleras

En el caso que el punto estacionario no es el punto óptimo, en este caso se deberá ubicar el mejor punto posible dentro del entorno experimental (Montgomery, 2013). Este punto se ubica en la cordillera de mayor crecimiento de la superficie y se encuentra por el método conocido “análisis de cordilleras” de acuerdo a (Goicoechea, 2016).

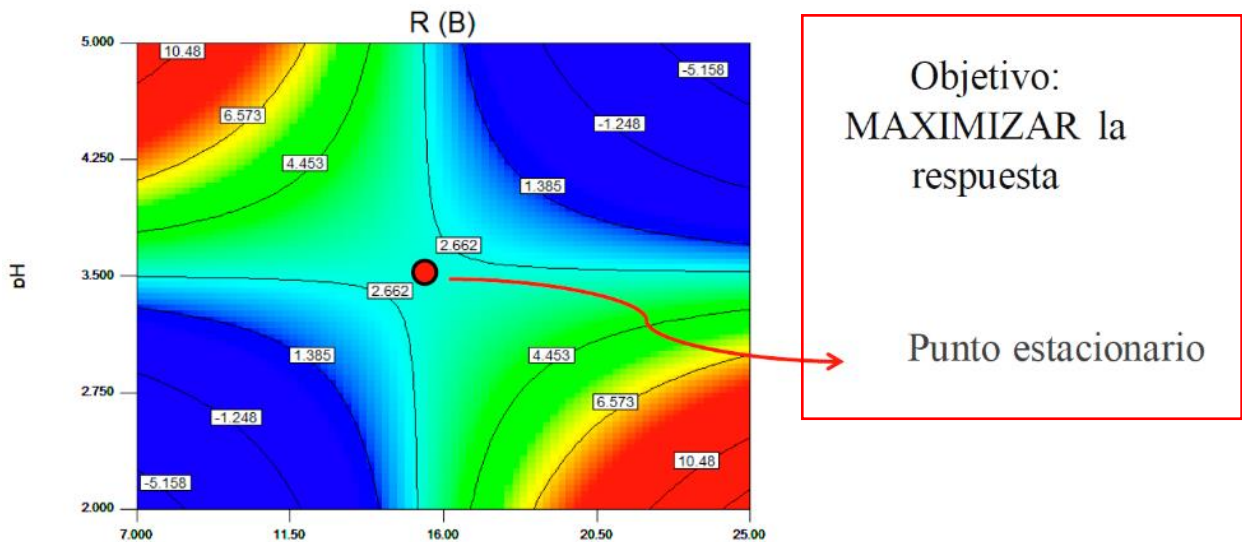


Figura 12: Grafico de análisis de cordillera

Se construye esferas (círculos) tal como se muestra en la Figura 13 concéntricos al centro del diseño, los software de optimización emplean ecuaciones matemáticas para resolver este tipo de situaciones, según Goicoechea, (2016).

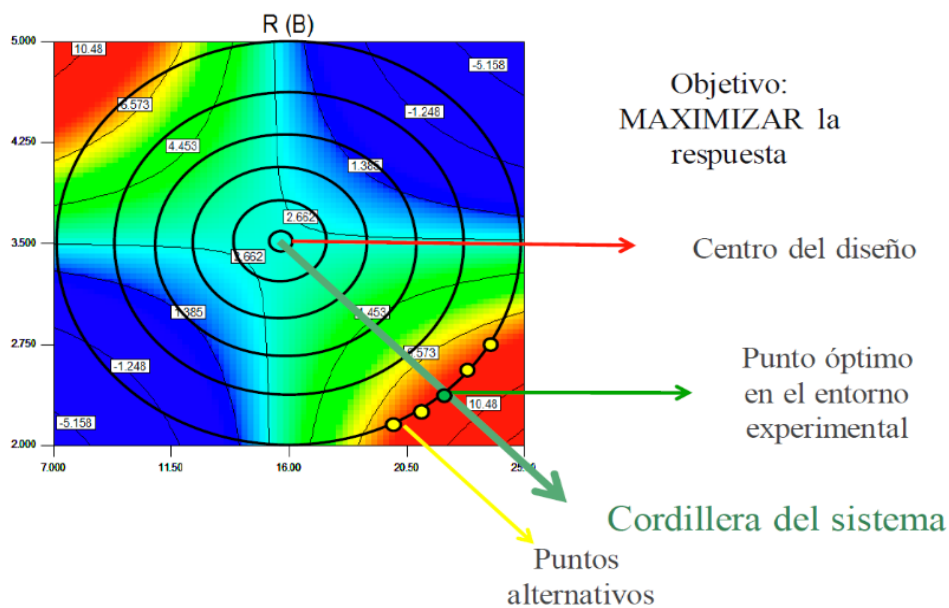


Figura 13: Análisis de cordillera, puntos óptimos

2.7.7. Error de predicción

Goicoechea (2016) recomienda que, para atestiguar de haber encontrado un óptimo confiable para el sistema se debe de tener en cuenta el error en la predicción, el error de predicción de la respuesta es función del modelo postulado, el diseño y ubicación del punto.

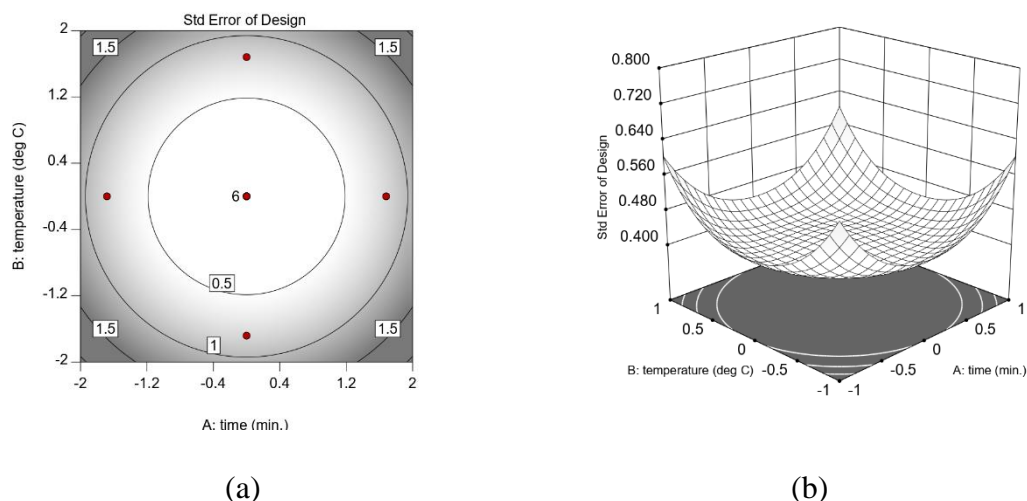


Figura 14: a) Diagrama de contorno para el error, b) superficie de respuesta para el error

Como se muestra en la Figura 14 (a), el sombreado comienza con la mitad de la desviación estándar y aumenta linealmente hasta 1,5 veces la desviación estándar. Mientras permanezca dentro de los rangos factoriales especificados (más/menos 1), el sombreado permanece relativamente claro; más allá de eso, la trama se oscurece (Arun *et al.*, 2017).

Se observa en la Figura 14 (b) el fondo plano en esta superficie de error estándar en forma de cuenco (esta gráfica inferior se creó cambiando el eje Y bajo a 0.4 y alto a 0.8). Eso es muy deseable para un diseño DCC (Desing-Expert, 2020).

2.8. QUEQUE

2.8.1. Aspectos generales del queque

El queque es un producto obtenido a partir de la cocción de la masa preparada con harina de trigo fortificado; harinas de granos andinos como la quinua, cañihua, kiwicha; harina de leguminosas como el tarwi, habas entre otros; así mismo como frutas u hortalizas, huevo fresco, aceite vegetal, mantequilla, leche en polvo, agua, azúcar, levadura, entre otros ingredientes, con o sin fortificación (QaliWarma, 2019).

2.8.2. Criterios fisicoquímicos y microbiológicos

La Resolución Ministerial N.º 1020-2010/MINSA aprobó en el 2010 la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y

Pastelería (MINSA, 2010), en la cual se establece los criterios fisicoquímicos y microbiológicos para distintos alimentos, con sus límites permisibles.

Tabla 16: Criterios físicoquímicos para queques

Parámetro	Límites máximos permitidos
Humedad %	40 %
Acidez (expresada en ácido láctico)	0.70 %
Cenizas %	3 %

FUENTE: MINSA (2010)

Por otro lado, dentro de los criterios microbiológicos como se ve en la Tabla 16, en primer lugar, se puede observar, la “n” que esta indica el número de unidades de muestra requeridas para poder realizar el análisis microbiológico, esto quiere indicar, 5 muestras independientes de queque son necesarias para analizar la presencia de mohos. Segundo, la “C” está expresa el número máximo permitido de unidades de muestra rechazables, es decir, si más de 2 de las 5 muestras exceden los límites establecidos se rechaza todo el lote producido de queques. Este límite microbiológico entre lo aceptable y rechazable se presenta en el tercer componente, la “m”. Sin embargo, en el caso de que el valor de alguna de las muestras exceda la cifra de “M”, el cuarto componente, todo el lote queda rechazado inmediatamente porque representa un riesgo para la salud.

La Resolución Ministerial N.º 1020-2010/MINSA indica que, los productos que no requieren refrigeración, con o sin relleno y/o cobertura (pan, galletas, panes enriquecidos o fortificados, tostadas, bizcochos, panes, queques, obleas, prepizza, otros solo se requerirá evaluar mohos).

Tabla 17: Criterios microbiológicos para queques

Agente microbiológico	Categoría	Clases	n	o	Límites por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ³

FUENTE: MINSA (2010)

Tabla 18: Características organolépticas

Características	Especificación
Color	De acuerdo a la naturaleza del producto.

<<continuación>>

Sabor y olor	De acuerdo a la naturaleza del producto según su composición fisicoquímica, exento de sabores y olores extraños.
Textura	Suave.
Aspecto	Uniforme, exento de materiales extrañas áreas quemadas y/o áreas crudas.

FUENTE: MINSA (2010)

2.9. Cálculo porcentual de panadería

2.9.1. Porcentaje

El porcentaje es una forma de expresión de las cantidades que son partes de un todo que es igual a 100 (Sebess, 2014).

2.9.2. Porcentaje panadero

Una forma de expresar la proporción de los ingredientes de una fórmula para la elaboración de panes, pasteles y otros productos de panadería, es el porcentaje panadero. La utilidad del porcentaje panadero radica en que esto nos ayuda a calcular las cantidades de insumos expresados en cualquier unidad de peso sea (kilogramo, libras, etc.) utilizada en la formulación, este porcentaje nos permite modificar la cantidad de la formulación de un insumo sin alterar la proporción de los otros insumos (Ludeña, 2011).

2.10. ANÁLISIS SENSORIAL

2.10.1. Pruebas sensoriales afectivas

Según Espinosa (2007), las pruebas afectivas se realizan con personas no seleccionadas ni entrenadas, a los que se les denomina “jueces afectivos”, en la mayoría de los casos se escogen a consumidores reales o potenciales del producto que se evalúa, pudiendo tener en cuenta la situación económica, demográfica, entre otros aspectos a considerar.

Los resultados afectivos se emplean en condiciones similares a las que se consume el producto, estas se pueden ejecutar en supermercados, escuelas, plazas, etc.

Los resultados permiten conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos, preferencia o nivel de agrado o varios productos, González *et al.* (2014) indica que los cuestionarios para las pruebas deben de ser fácil de responder y redactarse de manera clara con las preguntas de fácil comprensión.

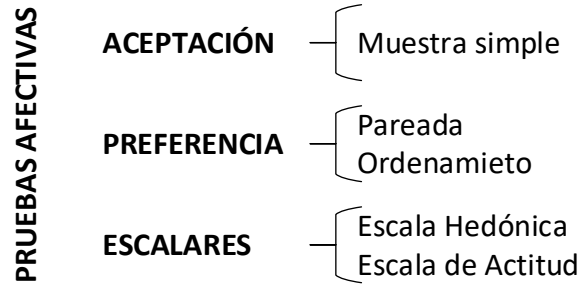


Figura 15: Clasificación de las pruebas sensoriales afectivas

FUENTE: Espinosa (2007)

a. Pruebas escalares

Las pruebas escalares de tipo afectiva son utilizadas con el propósito de conocer el nivel de agrado o desagrado de un producto elaborado para ser estudiado, para saber si gusta o no al público, estas pruebas tienen una gran aplicabilidad, de manera que son fáciles de interpretar y los resultados que de ellas se obtiene permite tomar acciones importantes en relación con la venta del producto en estudio, y da posibilidades de cambiar la formulación (Maximo & Gacula, 2004).

b. Escala hedónica facial

Se emplea en consumidores de bajo nivel cultural, en poblaciones rurales, analfabetas o en pruebas con población infantil a quienes se les dificulta la comprensión de escala verbal, en este tipo de análisis se presenta a los jueces caras con diferentes expresiones faciales, las cuales indican el nivel de agrado o afecto del producto evaluado, el nivel o número de caras que se puedan contemplar puede variar, sin embargo, estas oscilan entre 5 a 7, con este método se puede evaluar una o varias muestras al igual que en la escala hedónica verbal (Espinosa, 2007).

(Torricella *et al.*, 2007) indica que los resultados de estas pruebas de escala hedónica facial se procesan con la ayuda del análisis estadístico paramétrico, convirtiendo los valores de la escala facial en registro numérico del 1 al 5.

Stone y Sidel (1973), menciona que cuando se trata de la preferencia de alimentos y la aceptación por parte de las personas, muestra una relación entre los dos indicadores. La selección indica la elección de un producto u otro, esto quiere decir, que no está vinculada a la aceptación o a una actitud positiva hacia ella, la aceptación de un alimento es una experiencia hedonista.

Con respecto a la escala hedónica, Lawless y Hemann (2010) se refieren a esta como un método afectivo más utilizado en las pruebas de análisis sensorial, esto debido a su resultado informativo, esta fue creada con el fin de medir la captación de un producto, y en los últimos años se adaptó con el público objetivo, Thimoteo *et al.* (2013) menciona que las prácticas de aceptabilidad remendadas han demostrado que se debe de realizar varios ajustes, que a menudo son inducidas por las interpretaciones personales.

2.10.2. Escalas pictóricas y pruebas con niños

Lawless y Hemann (2010) señalan que la escala hedónica facial, trata de simples caras sonrientes, también se puede utilizar caritas más representativas, con dibujos de animales, o imágenes más realistas, estas escalas fueron inventadas para que evaluar a niños o personas analfabetas, Chen y Resurreccion (1995) demostraron que las escalas hedónicas fáciles de 3 puntos con descriptores verbales podrían usarse con niños de 47 a 59 meses y que una de 7 puntos se puede usar con niños de 5 años en adelante.



Figura 16: Escalada hedónica facial de 5 puntos

FUENTE: Espinosa (2007)

2.10.3. Prueba de aceptabilidad

Según Liria (2007), menciona que no necesariamente existe el mismo nivel de escala, me gusta mucho y me gusta, que entre me disgusta mucho y disgusta, por lo que indica que las respuestas están categorizadas en las escalas, desde me gusta a no me gusta así mismo se puede evaluar de acuerdo a los atributos de las matrices alimentarias como por ejemplo: salado, dulce, espeso, etc. Para lo cual se asigna un valor numérico a cada escala.

a. Supuestos en pruebas de aceptabilidad

Torricella *et al.* (2007) señala que en las pruebas de aceptación se debe de usar una escala hedónica para categorizar el nivel de aceptabilidad de una matriz alimentaria.

- Se asigna un valor numérico a cada escala para el análisis.

- Se usan escalas entre me gusta y no me gusta, los cuales pueden aumentar o disminuir entre 3 a 9 escalas.
- Solo se debe de optar por una opción de entre las demás, no se debe de marcar dos escalas.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Hipótesis general

- La adición de harina de quinua Negra Collana y spirulina elevan el contenido de proteína de los queques obteniendo con mejores características fisicoquímicas, y aceptabilidad.

3.1.2. Hipótesis específica

- Los porcentajes óptimos de adición de harina de quinua negra y spirulina dependen del contenido de proteínas en la elaboración de queques.
- Los queques con mayor contenido de proteína tienen mayor contenido de hierro.
- La aceptabilidad, depende de los porcentajes de proteína y hierro en los queques elaborados a base de harina de quinua Negra Collana y spirulina.

3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO

La investigación fue desarrollada en el Taller de panificación y laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca, Ubicada en CP Ayabacas – Juliaca.

Los análisis físico-químicos y microbiológicos fueron ejecutados en los laboratorios generales de la Universidad Nacional de Juliaca; los análisis de proteína y hierro, en BHIOS LABORATORIOS S.R.L.

3.3. MATERIALES

3.3.1. Materia prima

Las materias primas utilizadas para la formulación de los experimentos fueron, harina de Quinua INIA 420 - Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Will.) adquirida de Coopain Cabana Ltda., Spirulina en presentación polvo, adquirida de la empresa Plus Green Spirulina de la ciudad de Arequipa, y estas fueron almacenadas a una temperatura ambiente.

3.3.2. Insumos

- Harina de trigo fortificado pastelera, Nicolini®.
- Azúcar, Cartavio®.
- Mantequilla sin sal, Gloria®.
- Leche entera pasteurizada.
- Huevo.
- Zumo de naranja.
- Polvo de hornear, Universal®.
- Esencia de vainilla, Umsha®.

3.3.3. Equipos e instrumentos

a. Equipos

- Horno rotativo, NOVA MOD. MAX 1000.
- Mezcladora – Amasadora, NOVA.
- Balanza analítica, NOVAMAK.
- Estufa eléctrica, JPSELECTA.
- Mufla eléctrica, P SELECTA.
- Agitador magnético, VELP SCIENTIFICA.
- Termobalanza, AND MX-50, 0.01 % / Max 51 g.
- Manta calefactora, NAHITA 655.
- Autoclave.
- Cuenta colonias, KERILAB No. J-02.
- Microscopio, LEICA DM500.
- Coche porta bandejas.
- Bandejas de acero inoxidable.

b. Instrumentos

- Cápsulas.
- Pinza.
- Desecador.
- Bureta.
- Erlenmeyer 100 cm³, 200 cm³.
- Vaso precipitado 250 cm³.
- Probeta 100 cm³ y 250 cm³.

- Lunas de reloj.
- Cámaras de extracción Soxhlet.
- Sifón.
- Refrigerante.
- Placas Petri.
- Becker 600 cm³.
- Erlenmeyer 100 cm³ y 250 cm³.
- Micro bureta 2 cm³.
- Mortero.
- Pipeta volumétrica.
- Tubos de ensayo.
- Papel filtro.

c. Reactivos

- Hidróxido de sodio, NaOH 0.1 N
- Hidróxido de sodio, NaOH 1.25 %
- Ácido sulfúrico H₂SO₄ 1.25 %
- Éter de petróleo con límite de destilación 35 - 60 °C.
- Solución de tiosulfato de sodio.
- Solución saturada de yoduro de potasio.
- Solución de engrudo de almidón al 1 %
- Solución acética – cloroformo.
- Cloroformo CHCl₃.
- Ácido acético glacial CH₃COON.
- Agua destilada hervida.
- Suero fisiológico.
- Agar glucosa 4 % según SABORAUD.
- Fenolftaleína.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En el siguiente fluxograma o diagrama de flujo vertical Figura 17, se muestra la etapa para la elaboración del “Queque proteico con adición de harina de quinua negra y spirulina”.

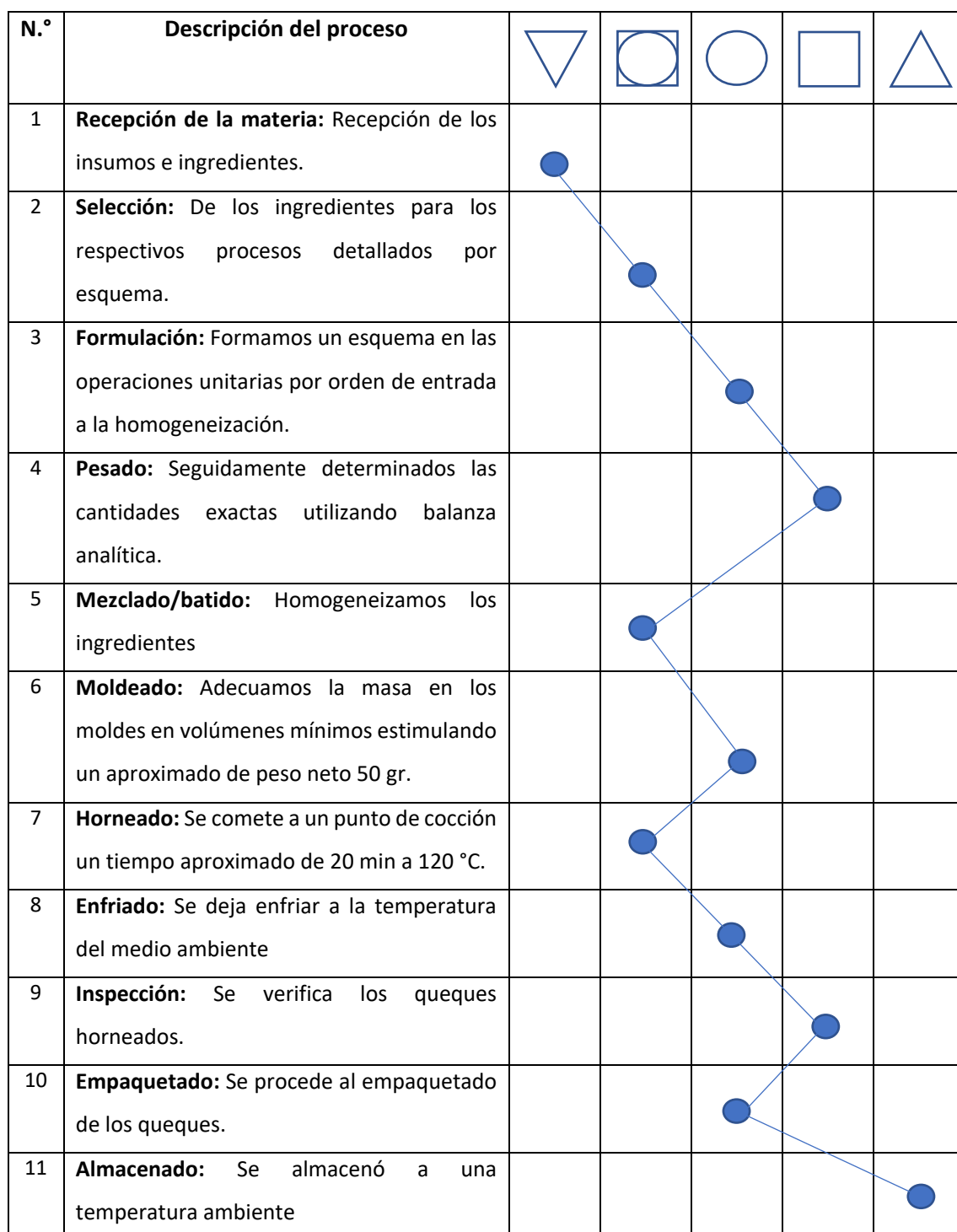


Figura 17: Fluxograma de la elaboración de queque proteico con adición de harina de quinua negra y spirulina

En la Figura 18 se observa el diagrama de operación de proceso para la elaboración de “Queque proteico con adición de harina de quinua negra y spirulina” .

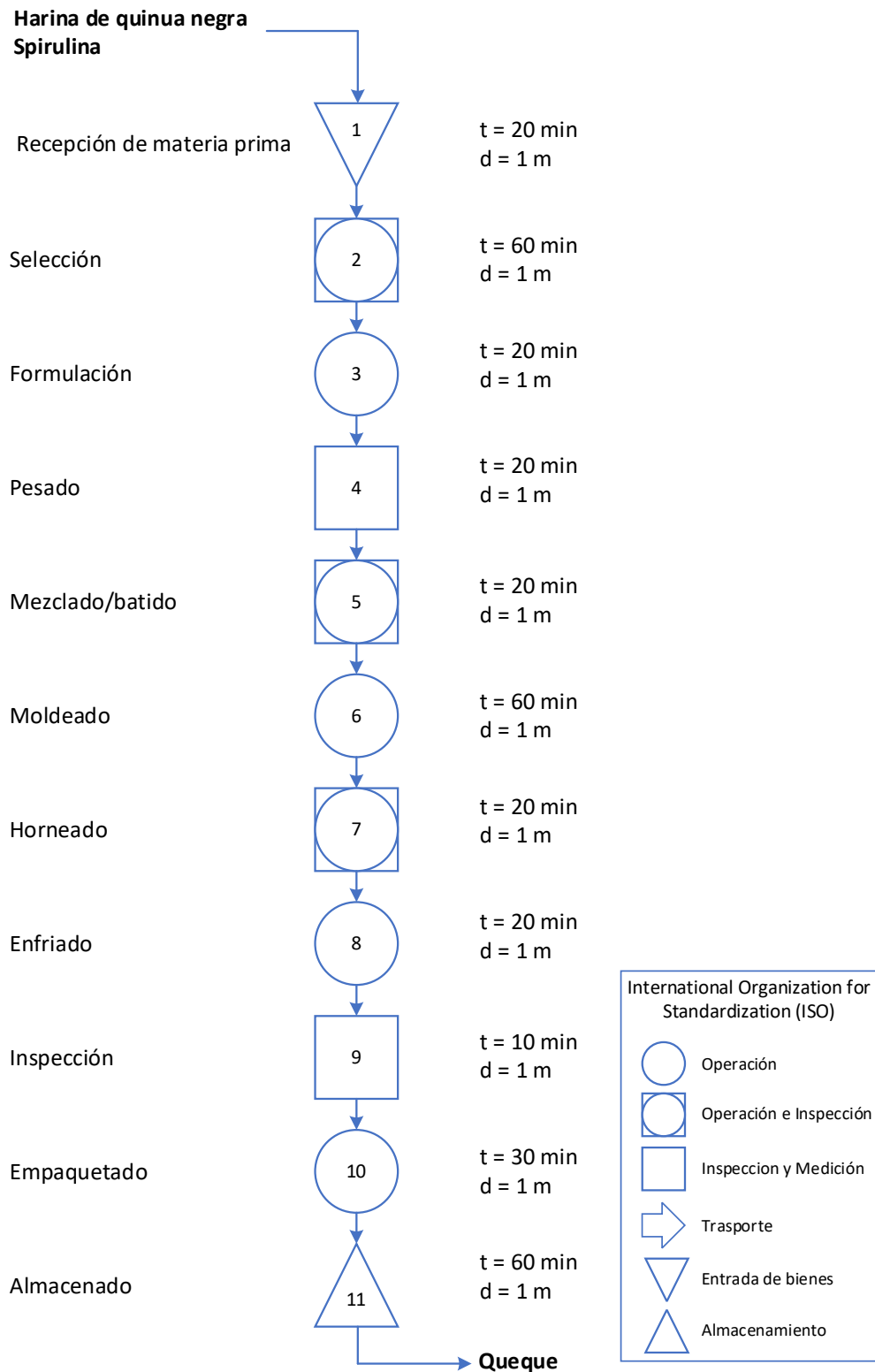


Figura 18. Diagrama de operaciones para la elaboración de queque proteico con la adición de harina de quinua negra y spirulina

Tabla 19: Formulación para la elaboración de queque proteico

Ingredientes	Cantidad
	%
Harina de quinua negra*	-
Spirulina*	-
Harina de trigo	100
Huevo	10
Azúcar	21
Zumo de naranja	4
Leche entera de vaca pasteurizada	17
Mantequilla sin sal	4
Polvo de hornear	1
Esencia de vainilla	1

Nota: *El % de la harina de quinua negra Collana y spirulina varían de acuerdo a los tratamientos

FUENTE: Adaptada de Castiblanco (2020)

Para la formulación del queque se utilizó la metodología del porcentaje verdadero en panadería, donde se utilizó al 100 % de harina de trigo, y harina de quinua negra y spirulina de acuerdo al diseño experimental, tal como se muestra en la Tabla 20.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Tabla 20: Porcentaje de adición de harina de quinua Negra Collana y Spirulina

	% harina de quinua	% de
	Negra Collana	Spirulina
Mp	0.0	0.0
Nmin	5.8	0.5
NB*	10.0	1.0
NM**	20.0	2.0
NA***	30.0	3.0
Nmax	34.1	3.4

Nota: Mp: muestra patrón, Nmin: nivel mínimo, NB: Nivel bajo, NM: nivel medio, NA: nivel alto, Nmax: Nivel máximo.

Tabla 21: Número de tratamientos

N.º de tratamiento	% de harina de quinua	% de Spirulina
	Negra Collana	
0	0	0
1	34.1	2.0
2	20.0	0.5
3	5.8	2.0
4	10.0	1.0
5	10.0	3.0
6	30.0	3.0
7	20.0	3.4
8	30.0	1.0
9	20.0	2.0
10	20.0	2.0
11	20.0	2.0
12	20.0	2.0
13	20.0	2.0

Nota: Para el análisis de proteína, humedad, ceniza, peróxido, acidez y hierro se realizó tres repeticiones cada tratamiento para obtener una media y disminuir el error.

3.6. DIAGRAMA EXPERIMENTAL

En la Figura 19, se muestran los procesos que se dieron para el desarrollo de la investigación.

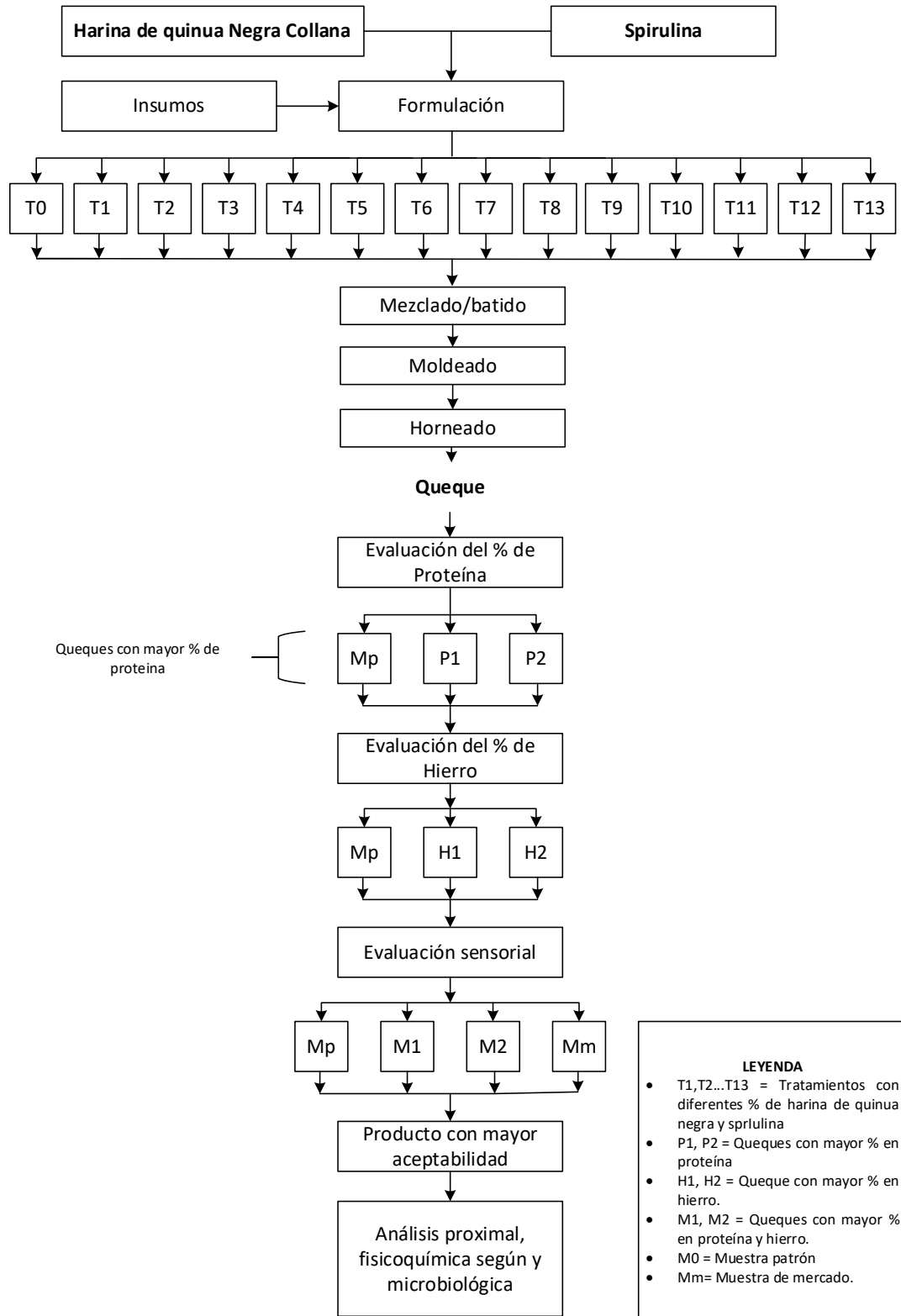


Figura 19: Diagrama experimental de la investigación

3.7. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.7.1. Análisis fisicoquímico de la materia prima

Las materias primas: Harina de Quinoa INIA 420 Negra Collana y Spirulina fueron sometidos a análisis fisicoquímico:

- Humedad (%): Método utilizado según A.O.A.C. 23.003:2003.
- Ceniza (%): Método empleado según A.O.A.C. 1975.
- Proteína (%): Método Kjeldahl, según A.O.A.C. 2008.

3.7.2. Análisis fisicoquímico y estadístico para el primer objetivo

a) Análisis fisicoquímicos

- Proteína (%): Método Kjeldahl, según A.O.A.C. 2008.
- Humedad (%): Método empleado según A.O.A.C. 23.003:2003.
- Acidez (expresado en ácido láctico): Método NTP 206.013 según Normas técnicas peruanas.
- Cenizas (%): Método empleado según A.O.A.C. 1975.
- Peróxido (%): Método NTP 206.016 según Normas técnicas peruanas.

b) Análisis estadístico:

- Se utilizó el software Desing-Expert 13®, y se aplicó el modelo de superficie de respuesta, bajo el diseño central compuesto.

3.7.3. Análisis fisicoquímico y estadístico para el segundo objetivo

a) Análisis fisicoquímicos

- Hierro (%): Espectrofotometría de absorción de llamas (FAAS)

b) Análisis estadístico:

- Se utilizó el software RStudios® versión 2021, se aplicó el diseño completamente al azar al 5 % de nivel de significancia y la prueba Duncan

3.7.4. Análisis sensorial y estadístico para el tercer objetivo

a. Análisis sensorial

- Análisis: Método empleado de escala hedónica facial de 5 puntos, según Espinosa (2007), 100 panelistas no entrenados entre 3 a 12 años de edad, de ambos sexos.

b. Análisis estadístico

- Se utilizó el software Minitab 21, empleando análisis estadístico no paramétrico test de Friedman

3.7.5. Análisis fisicoquímico del producto final

Para el producto final se realizó el análisis fisicoquímico y microbiológico, se realizó de acuerdo a las especificaciones para queques en la RM N.º 1020-2010/MINSA.

a. Evaluación fisicoquímica

- Proteína: Método Kjeldahl, según A.O.A.C. 2008.
- Humedad: Método empleado según A.O.A.C. 23.003:2003.
- Cenizas: Método empleado según A.O.A.C. 1975.
- Acidez: Método NTP 206.013 según Normas técnicas peruanas.
- Fibra: Método según A.O.A.C. 985.29.
- Carbohidratos: Método por diferencia, según Collazos 1993.
- Peróxido: Método NTP 206.016 según Normas técnicas peruanas, (INACAL, 2016).

b. Evaluación microbiológica

- Mohos: Método según A.O.A.C. 977.02.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA MATERIA PRIMA

En la Tabla 22 se observa los datos obtenidos del análisis de proteína, humedad, ceniza de la materia prima que se empleó para elaborar los queques, harina de quinua INIA-420 Negra Collana y Spirulina.

Tabla 22: Análisis de la materia prima

Materia prima	% proteína*	% humedad	% ceniza
Harina de quinua INIA 420 – Negra Collana	12.97	8.21	2.41
Spirulina	62.84	12.1	6.41

FUENTE: *BHIOS LAB, (2021)

La spirulina estudiada presentó 62.84 % proteína, 12.1 % humedad y 6.41 % ceniza, de acuerdo a los análisis realizados Tabla 22, el valor obtenido en esta investigación es cercano a lo reportado por Mesbah *et al.* (2022) 62.40 % proteína, 6.01 % humedad, 8.10 % ceniza y Mendoza (2017) reportó en su estudio el análisis químico proximal de la spirulina deshidratada, señalando que contiene, 61.61 % proteína, 13.42 % de humedad y 5.2 % de ceniza.

Así mismo se han reportado valores más bajos para la spirulina, según a los reportes de los investigadores (Donato *et al.*, 2019; Mostolizadeh *et al.*, 2020; Veena *et al.*, 2022) 58.62, 57.47, 59.2 % de proteína; 11.99, 7.46, 5.8 % humedad y 8.00, 6.03, 7.40 % ceniza, asimismo se reportó investigaciones con valores altos, como los de (Paula da Silva *et al.*, 2021; Raczyk *et al.*, 2022; Şahin, 2020) 80.00, 71.34, 65.00 % proteína; 11.07, 5.93, 10.71 % cenizas y 7.09, 5.22 % de humedad, por otro lado (Al-Azhar, 2016; Lemes *et al.*, 2012; Munis *et al.*, 2013; Pagnussatt *et al.*, 2014) quienes reportan valores entre 64 % a 74 % de proteína en la spirulina, ya que esta proteína es superior a la carne de pescado (15.0 – 25.0 %), soja (35.0 %) de leche, (35 %). Por lo que el presente estudio de la spirulina se encuentra dentro de los

valores reportados por los investigadores.

La harina de quinua INIA – 420 Negra Collana en el presente trabajo de investigación fue de 12.97 % de proteína, 8.21 % de humedad, 2.41 % ceniza Tabla 22, este valor obtenido es cercano al reportado por Bhinder *et al.* (2021) 12.15 % proteína, 7.45 % humedad y 3.91 % de ceniza así mismo Vásquez *et al.* (2016) reporto 12.80 % de proteína, 12.80 % de humedad, 0.5 % de ceniza. Se han reportado valores más bajos para la harina de quinua INIA – 420 Negra Collana, según Aviles (2019) reporta 10.95 % proteína, 10.17 % humedad y 2.64 % ceniza, así mismo Arzapolo *et al.* (2015) menciona que obtuvo 9.90 % de proteína, 11.50 % humedad y 2.62 % de ceniza, mientras que se reportaron contenidos más altos de acuerdo a la investigación de Zea (2010), donde realizo el análisis químico proximal de la harina de quinua Negra Collana, señalando que contiene 14.94 % proteína, 2.12 % de ceniza, y de la misma manera Choque & Neira (2017) reporta 14.08 % proteína, 9.00 % humedad y 2.34 % ceniza.

Los datos reportados por diferentes investigadores, coinciden con los datos obtenidos en la investigación, lo cual garantiza el alto nivel de nutriente de la materia prima.

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS DE PORCENTAJE DE LA ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA SOBRE EL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN LA ELABORACIÓN DE QUEQUES.

En la Tabla 23 se observa los resultados alcanzados en los diferentes tratamientos de queques, elaborados con harina de quinua INIA 420 Negra Collana y Spirulina. Se observa que la composición fisicoquímica siempre fue menor en el queque control (T0), el contenido de proteína oscila entre 7.02 - 8.72 %, humedad 17.56 - 19.75 %, acidez 0.42 – 0.48, ceniza 1.45 - 1.84 %, peróxido 1.42 - 1.48 me/kg.

Tabla 23: Resultado fisicoquímico de los diferentes tratamientos

Tratamientos	Proteína % X ± DE	Humedad % X ± DE	Acidez % X ± DE	Ceniza % X ± DE	Peróxido Me/kg X ± DE
T0	7.02 ± 0.01	15.33 ± 0.81	0.43 ± 0.01	1.53 ± 0.28	1.48 ± 0.07
T1	8.72 ± 0.02	18.00 ± 1.00	0.42 ± 0.05	1.84 ± 0.80	1.42 ± 0.02
T2	8.03 ± 0.01	19.75 ± 0.68	0.42 ± 0.05	1.5 ± 0.05	1.43 ± 0.01
T3	8.27 ± 0.03	18.52 ± 0.51	0.48 ± 0.05	1.6 ± 0.14	1.43 ± 0.01

<<continuación>>

T4	8.49 ± 0.06	18.69 ± 0.37	0.48 ± 0.05	1.45 ± 0.18	1.47 ± 0.01
T5	8.41 ± 0.02	18.54 ± 0.12	0.42 ± 0.05	1.62 ± 0.27	1.42 ± 0.01
T6	8.57 ± 0.01	17.56 ± 0.47	0.48 ± 0.05	1.75 ± 0.06	1.48 ± 0.01
T7	8.31 ± 0.02	17.54 ± 0.11	0.47 ± 0.04	1.49 ± 0.17	1.47 ± 0.02
T8	8.04 ± 0.01	17.78 ± 0.61	0.48 ± 0.05	1.57 ± 0.39	1.48 ± 0.02
T9	8.44 ± 0.04	17.94 ± 0.58	0.42 ± 0.05	1.56 ± 0.13	1.43 ± 0.02
T10	8.45 ± 0.02	17.92 ± 0.89	0.42 ± 0.05	1.57 ± 0.26	1.42 ± 0.02
T11	8.44 ± 0.02	17.93 ± 0.56	0.43 ± 0.06	1.57 ± 0.22	1.43 ± 0.01
T12	8.43 ± 0.02	17.94 ± 0.86	0.42 ± 0.01	1.58 ± 0.32	1.42 ± 0.01
T13	8.45 ± 0.01	17.93 ± 0.63	0.43 ± 0.06	1.56 ± 0.23	1.43 ± 0.01

Según los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicos descritos en la Tabla 23, estas se encuentran dentro de los parámetros dados por MINSA (2010), norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería RM N.º 1020-2010/MINSA.

Así mismo, en la Tabla 23 se puede evidenciar que el tratamiento con mayor porcentaje de proteína fue el tratamiento T1 con 8.72 % e inferior el tratamiento T0 (muestra patrón) 7.02 %.

En la Tabla 24, se observa la relación de la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y la Spirulina respecto al % de proteína, en este estudio los valores P inferiores a 0,050 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, B-Spirulina y el modelo es un término significativo. Los valores superiores a 0,050 indican que los términos del modelo no son significativos, en este caso notamos que el efecto de la interacción de los factores AB no es significativo.


Tabla 24: Análisis de la varianza del contenido de proteína en la elaboración de queque

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	0.1891	3	0.0630	0.0387	0.0501
A-Harina de quinua negra	0.0092	1	0.0092	0.0057	0.4716
B-Spulina	0.0841	1	0.0841	0.0516	0.0454
AB	0.0900	1	0.0900	0.0552	0.0565
Residual	14.67	9	1.63		

<<continuación>>

Lack of Fit	01135	5	0.3578	0.1111	<0.0001
Pure Error	0.002	4	0.0001		
Cor Total	14.86	12			

En la Figura 20, se observa el gráfico de dispersión, el punto de color naranja, correspondiente al mejor tratamiento, el T1 (H=34.1 % y S=2.0 %) con un contenido de proteína de 8.72 %; seguido del punto color verde claro, correspondiente al tratamiento T6 (H=30.0 % y S=3 %) con un contenido de proteína de 8.56 %.

Color points by
Proteína
8.03  8.72

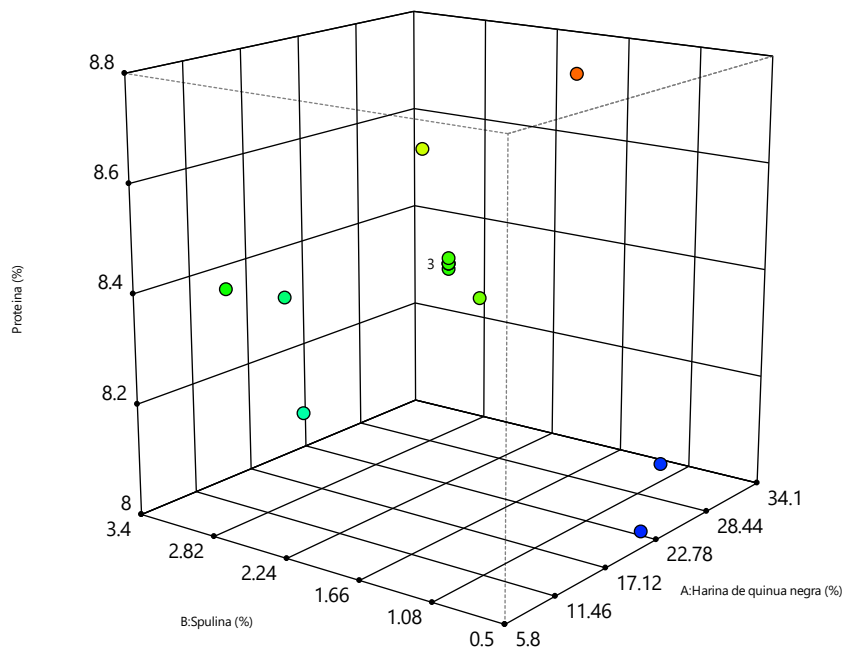
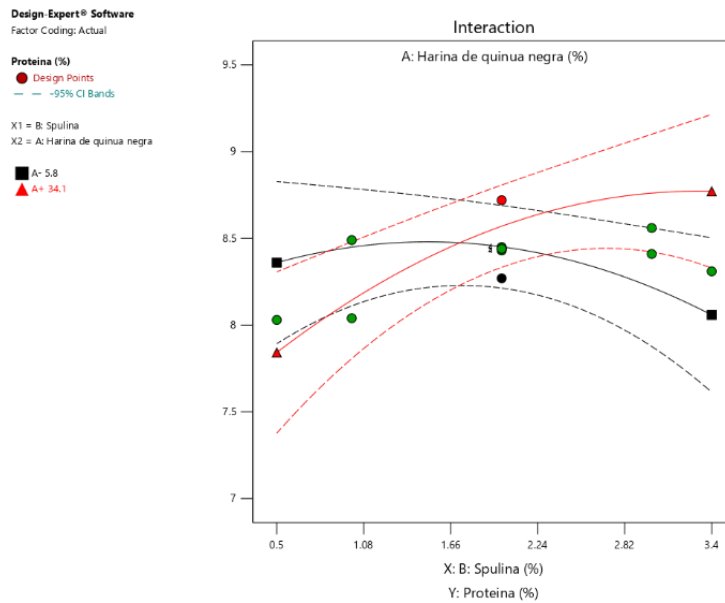
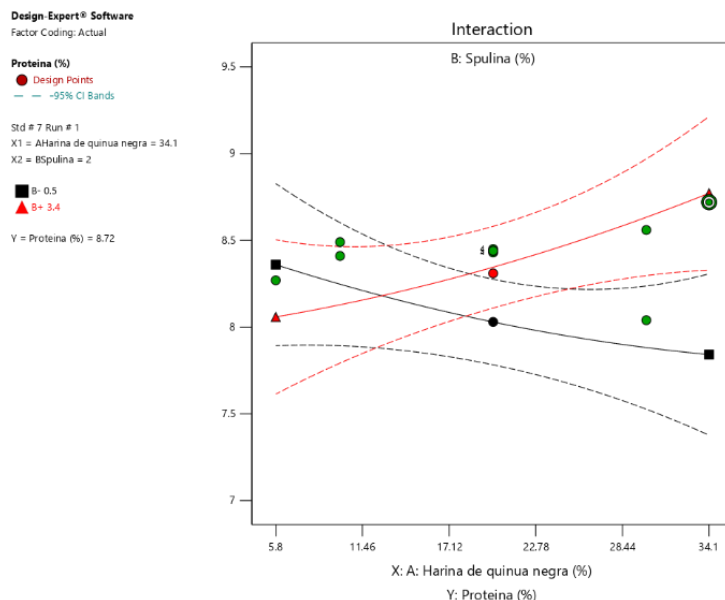


Figura 20: Gráfico de dispersión 3D para el porcentaje de proteína

En la Figura 21 (a) la curva negra muestra la variación del contenido de proteína cuando se trabaja a menos de 5.8 % de harina de quinua y la roja cuando se trabaja a mayor de 34.1 % de harina de quinua se observa el incremento de proteína, del mismo modo en la Figura 21 (b) la curva negra muestra la variación del contenido proteína cuando se trabaja a menos de 0.5 de spirulina y la roja cuando se trabaja a mayor de 3.4 de spirulina se observa el incremento de proteína.



(a)



(b)

Figura 21: (a) Diagrama de interacción para harina de quinua negra, (b) diagrama de interacción para la spirulina, respecto al porcentaje proteína.

En la Figura 22 (a) se observa el gráfico obtenido, tipo silla de montar de ascenso, el pico de color rojo cálido muestra los mejores tratamientos, y en la Figura 22 (b) se observa el gráfico de contorno con una trayectoria en sentido de su máxima pendiente, así mismo el punto silla o estacionario se encuentra en el centro del gráfico, por otro lado, se puede observar los niveles bajos de porcentaje de proteína en la parte superior e inferior de color azul frío, y en la parte derecha superior de color rojo cálido o la pendiente máxima con los mejores tratamientos. Los gráficos muestran que, a medida, aumenta el porcentaje de harina de

quinua negra y spirulina el porcentaje de proteína incrementa, en la Figura 22 (b) se muestra la zona de color rojo cálido con mayor porcentaje de proteína siendo los mejores tratamientos el T1 (8.72 %) y T6 (8.57 %), mientras que los valores menores se encuentran en el valle de color azul y verde.

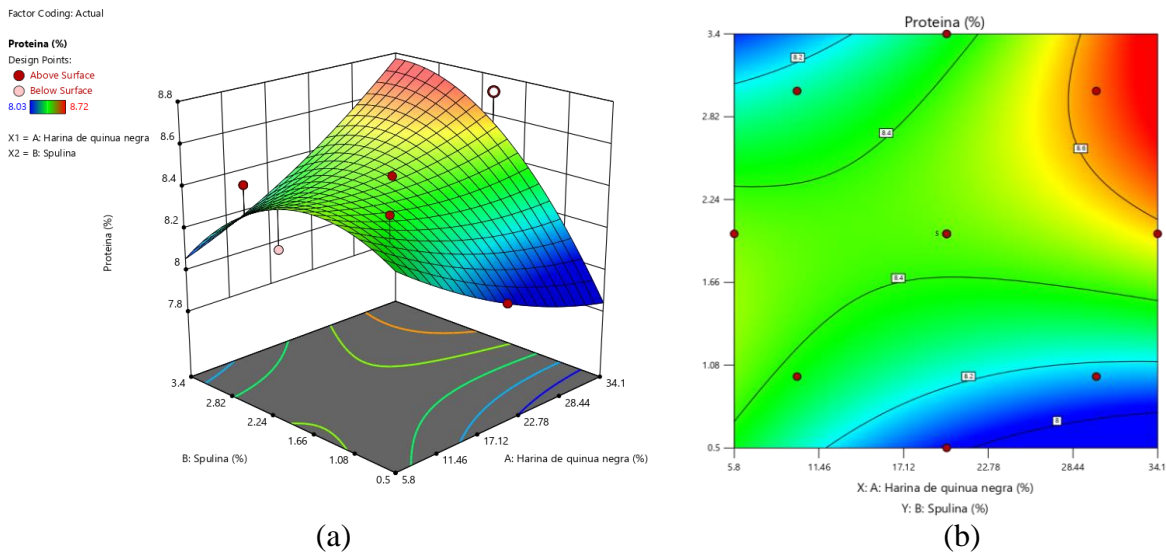


Figura 22: (a) Diagrama de superficie de respuesta 3D, (b) diagrama de contorno respecto al porcentaje de proteína

Por otro lado, la modelización por el efecto de las variables porcentaje de harina de quinua negra (A) y porcentaje de spirulina (B) se establece mediante un modelo de correlaciones múltiples, la misma que la representa una ecuación polinómica de segundo orden mostrando en la ecuación.

$$\text{PROTEÍNA} = + 8.43 + 0.0487 * A + 0.157 * B + 0.308 * AB + 0.0708 * A^2 - 0.248 * B^2$$

En el estudio del porcentaje proteína para el queque, no se tuvo un valor-p menor que 0.050, indicando que no existe diferencia significativa, por lo que se realizó la comparación de medias, así mismo se realizó el análisis de ANOVA la cual se observa en la Tabla 25, en donde se observa que si existe diferencia al menos en uno de los trece tratamientos, además se realizó la prueba Tukey, Tabla 26, donde clasifica en 5 grupos a los tratamientos: grupo “A” representado por el tratamiento T1, grupo “B” representado por los tratamientos T6 y T4, grupo “C” representado por el grupo T4, T13, T10, T11, T9, T12, T5, grupo “D” representado por los tratamientos T7 y T3, y el último grupo “E” conformado por los tratamientos T8 y T2.

Tabla 25: Análisis de la varianza del contenido de proteína en la elaboración de queque

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	12	1.30968	0.109140	141.88	0.000
Error	26	0.02000	0.000769		
Total	38	1.32968			

Tabla 26: Análisis de comparación en parejas de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
T1	3	8.7200	A
T6	3	8.56667	B
T4	3	8.4933	B C
T13	3	8.44667	C
T10	3	8.4467	C
T11	3	8.4433	C
T9	3	8.4400	C
T12	3	8.4333	C
T5	3	8.4133	C
T7	3	8.31333	D
T3	3	8.2733	D
T8	3	8.040	E
T2	3	8.0300	E

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Figura 23 se observa, que la mejor muestra que sobresale es el tratamiento T1 (8.72 % proteína) seguido del tratamiento T6 (8.57 % proteína).

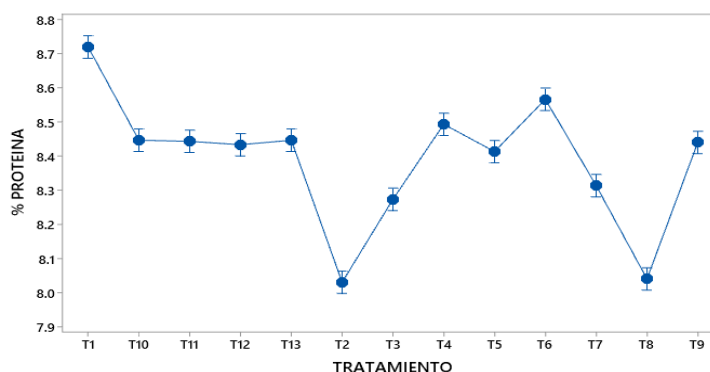


Figura 23: Gráfico de intervalos de % Proteína vs. Tratamiento

En la Figura 24 se observa el diagrama de contorno que representa una superficie de respuesta minimax tipo silla de montar. A medida que el color se oscurece, la respuesta aumenta, desde el punto de vista estacionario (punto de silla de montar), al aumentar cualquier de los factores y reducir el otro, se produce un aumento en la respuesta. Estas gráficas de contorno se basan en un modelo de regresión (Minitab20, 2019).

Para localizar los puntos óptimos se realizó el análisis de cordillera recomendada por (Goicoechea, 2016), en este caso el software Design-Expert 13, ubica el punto estacionario Figura 24 (a) en el centro de la cordillera de color verde, y se construye esferas concéntricas al centro del diseño los puntos Figura 24 (b), en la cual se ubica dos tratamientos, puntos de color blanco en la zona de color rojo cálido (factor constante de 8.6 grados) con mejor porcentaje de proteína T1 (8.72 %) y T6 (8.57 %) siendo T1 el superior en porcentaje de proteína.

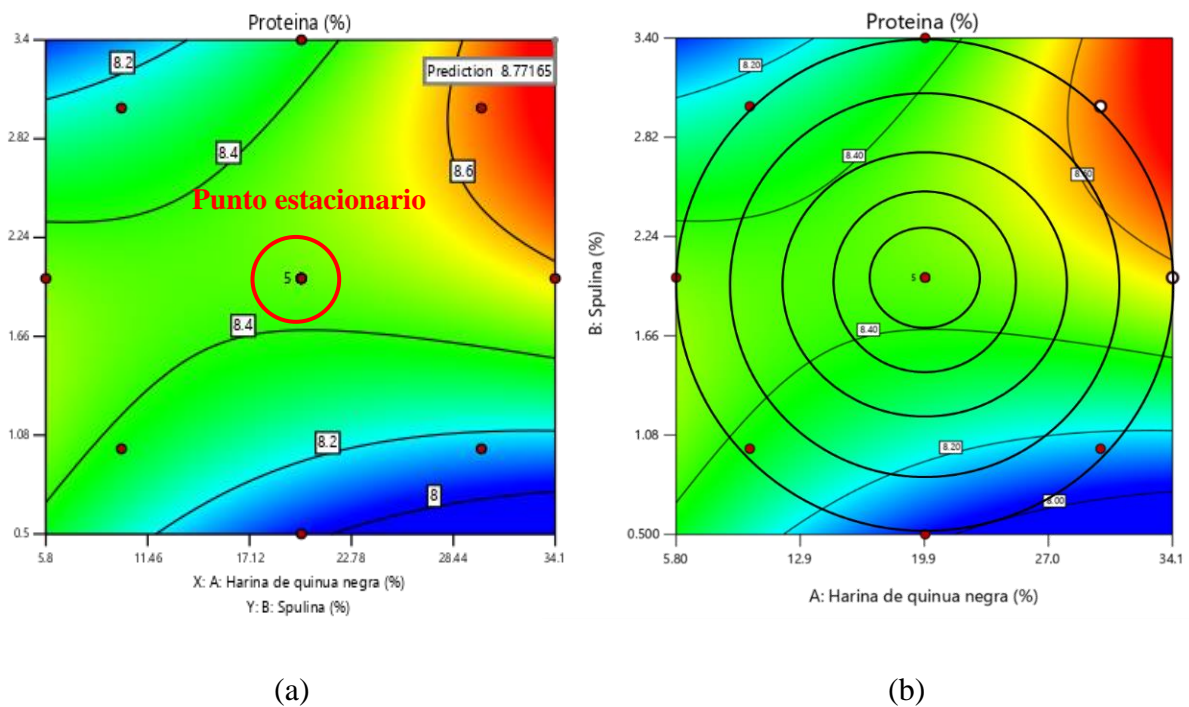


Figura 24: Diagrama de contorno de tratamiento óptimo

Para garantizar que se encuentre el mejor tratamiento para el estudio, se ejecuta en el software Desing-Expert 13, el error en la predicción de la respuesta en función del modelo. En la Figura 25 (a) se observa que el sombreado aumenta linealmente hasta 0.150 veces la desviación estándar, mientras permanezca dentro de los rangos factoriales (más/menos 1) es mejor, el centro permanece claro; más allá de eso, la trama se oscurece. Así mismo, en la Figura 25 (b) se observa el fondo plano en esta superficie de error estándar en forma de

cuenco, lo cual es muy deseable para el diseño superficie de respuesta y diseño central compuesto según Desing-Expert (2020). También se observa que el punto estacionario efectivamente se encuentra en el centro (punto 5) por ende se valida los tratamientos T1 (8.72 %) y T6 (8.57 %), por diferencia el T1 (8.72 % de proteína) es el mejor tratamiento encontrado.

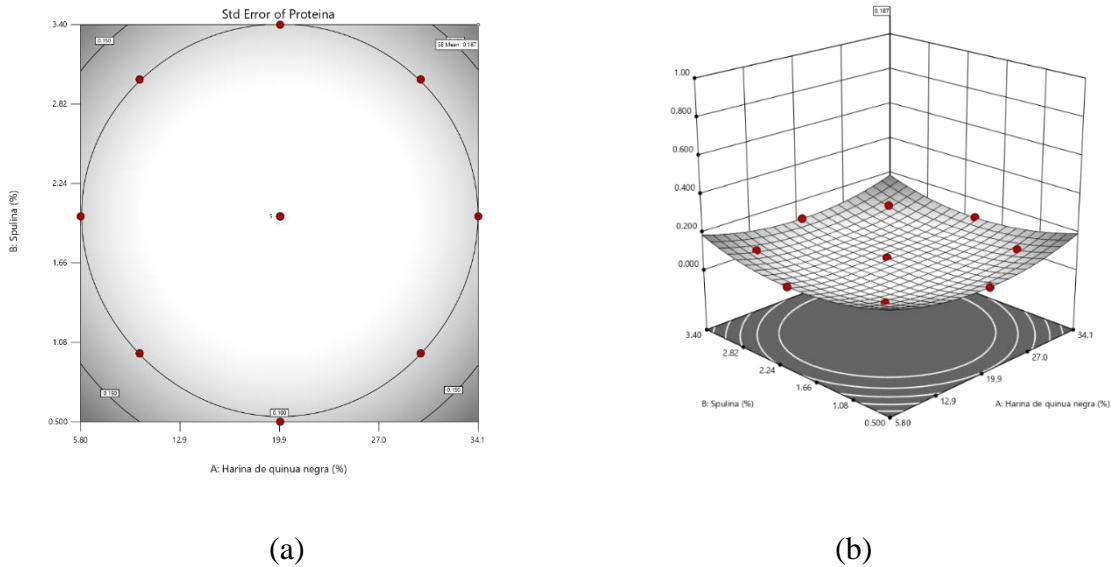


Figura 25: Diagrama de contorno para el error, b) superficie de respuesta para el error

En la Figura 26, se observa la predicción para el mejor tratamiento según el software Design-Expert 13, obteniendo 8.77 % de proteína, para llegar a este valor se debe utilizar 34.1 % de harina de quinua negra Collana y 3.4 % spirulina como se observa en la Figura 26, los cuales están cercanos a los valores obtenidos en la investigación T1 8.72 % proteína con la adición de 34.1 % de harina de quinua negra y 2.0 % spirulina.

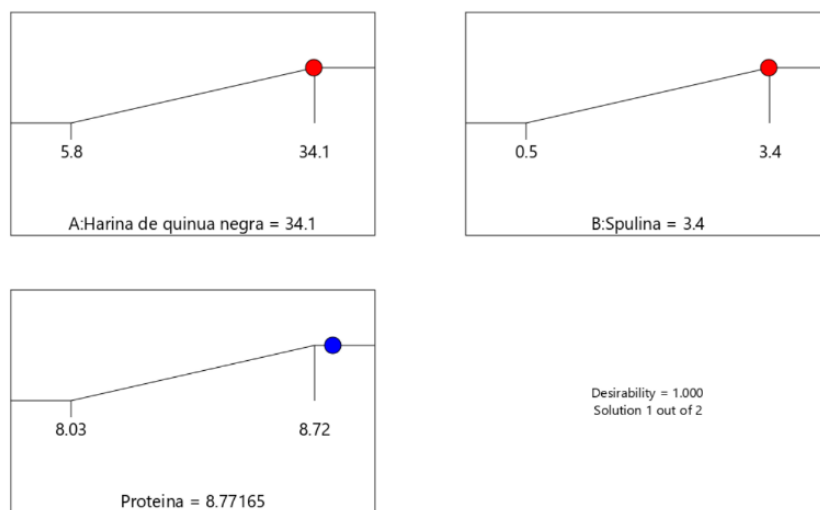


Figura 26: Gráficos de rampa para la optimización

En la investigación se obtuvo como mejor tratamiento el T1 con 8.72 % de proteína con la adición de 34.1 % de harina de quinua negra Collana y 2.0 % de spirulina, seguido del T6 con 8.57 % proteína, estos resultados demuestran que el incremento de harina de quinua y spirulina incrementa el porcentaje de proteína, tal como lo demuestran diversas investigaciones, Zanganeh *et al.* (2020) menciona que el contenido de proteína, así como otras propiedades nutricionales del bizcocho, aumento a medida que se incrementó el contenido de spirulina, así mismo Hassani (2019) indica que al incrementar spirulina a la matriz alimentaria, mejora las propiedades fisicoquímicas y funcionales.

Por otro lado, Palomino (2015) y Vásquez *et al.* (2016), efectuaron comparaciones de pan normal y panes con la adición de harina de quinua a diferentes porcentajes, por lo que dan a conocer que el porcentaje de proteína en el pan incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución, así mismo (de Morais *et al.*, 2006) señala que el incremento de proteína en los bizcochos con adición de 5.0 % de spirulina, obtuvieron 7.7 % de proteína, del mismo modo Krüger *et al.* (2003) obtuvo queques con 7.6 a 8.1 % de proteína y la comparo con queque comercial que presento 6.3 % de proteína, Nmorka y Okezie (1982) menciona que la adición de legumbres o granos a los productos de panadería mejora en su calidad nutricional, ya que se puede evidenciar el aumento en su calidad y cantidad proteica, estas investigaciones dan sustento a los resultados obtenidos en esta investigación. Así mismo en el estudio de los trece tratamientos se muestra un incremento mínimo, tal como reporto Souzankar *et al.* (2019) en la que menciona, que la cantidad de proteína aumento de un mínimo de 0.17 % a 1.82 % en la elaboración de bizcochos, del mismo modo Ferreira *et al.* (2022) reporto un incremento mínimo de proteína 9.63, 10.01 y 10.71 % de proteína con la adición de 1, 3 y 5 % de spirulina donde menciona que la temperatura influyo sobre las propiedades nutricionales 180 °C por 15 min, la influencia de la temperatura y tiempo de horneado juegan un papel importante en la obtención de matrices alimentarias nutricionales, las altas temperaturas afectar las propiedades nutricional degradando las proteínas y otras propiedades tal como afirma Ferreira *et al.* (2022).

En el estudio se llegó a alcázar a 8.72 % de proteína con la adición de 34.1 % de harina de quinua y 2.0 % de spirulina, mientras que en otras investigaciones señalan valores mínimos y otras superiores en contenido de proteína, Pisfil (2017) argumenta que en la elaboración de pan con la adición de harina de quinua, cañihua y kiwicha alcanzó a una optimización de 9 % harina de quinua obteniendo 11.95 % proteína, por otro lado, Huayna (2016) optimizo la incorporación de harina de tarwi y quinua incrementando el contenido de proteína donde

se determinó que la mezcla adecuada fue el 10 % de harina de quinua en la elaboración de queque, reportando 6.97 % proteína.

Díaz (2017) indica que se puede agregar hasta 20 % de harina de quinua en la elaboración de pan mejorando la calidad nutricional, por otro lado, Gutiérrez (2022) logró obtener la mezcla óptima de 16.29 % de quinua y 3.71 % de otros cereales obteniendo alto valor proteico respecto a un pan control, la formulación óptima fue de 9.84 % de proteína, así mismo Rolis (2022) señala que el contenido de nutricional mejoro agregando 25 % quinua y 75 % de otros granos obteniendo un mayor contenido de proteína 15.35 %. Por otro lado, investigaciones sobre la spirulina como Kang *et al.* (2021) reporto que la adición de 0.8 % de spirulina obtuvo mejor calidad nutricional y aceptabilidad, Aguilar & Marcillo (2018) menciona que 2 % de spirulina incrementa 10 % de proteína, por otro lado (Ferreira *et al.*, 2022) indica que hasta 3 % de spirulina optimizada en la elaboración de galletas eleva el contenido nutricional, en la investigación se obtuvo como el mejor tratamiento el T1 con una adición de 34.1 % de harina de quinua negra y 2.0 de spirulina obteniendo 8.72 % proteína, los porcentajes de proteína varían, puesto que en las demás investigaciones se adicionan otros tipos de granos y cereales que ayudan al incremento de proteína en las matrices alimentarias lo cual les da mayor valor nutricional.

Algunas investigaciones reportaron mayores porcentajes de proteína, (Lemes *et al.*, 2012) 14.50 % de proteína, (B. Lucas *et al.*, 2020) 12.09 % de proteína, esto debido a que se utilizaron mayores porcentajes de spirulina (< 5 %), así mismo (Elías *et al.*, 2021; Mendoza-Pérez & Palacios-Morales, 2018) reportaron 8.64 y 12.5 % de proteína dado que utilizaron harina de quinua en mayor porcentaje y la combinación con otros granos andinos alcanzado mayor contenido nutricional.

Por otro lado, se realizaron otras investigaciones en diversas matrices alimentarias, Rodríguez *et al.* (2014) estudio el efecto de la biomasa de spirulina sobre la calidad tecnológica y nutricional de la pasta de trigo donde reporto sobre los valores obtenidos para el contenido de proteína en pasta cruda 23.49 (g/100 g) y pasta cocida 23.74 (g/100 g), así mismo indica que la incorporación de polvo de spirulina dio como resultado una considerable mejora del contenido proteico en el producto, el contenido proteico no fue significativo porque no se encontró diferencia entre pasta cruda y la cocida, la mejora de contenido de proteína en la pasta resulta de alta concentración de estas macromoléculas en la biomasa de microalgas, a diferencia de la mayoría de las algas. La spirulina como cianobacteria tiene alta digestibilidad debido a la falta de celulosa en su pared celular, lo cual

facilita para el consumo humano (Khan & Ghramh, 2022). Investigaciones realizadas con diferentes matrices alimentarias, señalan el incremento de proteico en galletas; 11.47 – 14.98 % (S. da Silva *et al.*, 2021; Donato *et al.*, 2019; Irmak, 2019; Şahin, 2020); pasta 11.00 – 14.58 % (Hussein *et al.*, 2021; D. Kumar *et al.*, 2022; Raczyk *et al.*, 2022; Rodríguez *et al.*, 2014), se reportaron contenidos más altos de proteína, probablemente porque estas investigaciones utilizaron otros ingredientes como: granos andinos, yogur, soja entre otros ingredientes que son fuentes de proteína.

Koli *et al.* (2021) observó una variación significativa en valores nutricionales como proteína, carbohidratos y lípidos, donde en la pasta que elaboró a partir de sémola contenía 11,52 % de proteína y la pasta enriquecida con biomasa fresca de spirulina reporto un aumento de proteína hasta 38,73 %. La mejora en el contenido de proteína con la adición de spirulina está de acuerdo a varios estudios realizados por investigadores como (Donato *et al.*, 2019; Irmak, 2019; Veena *et al.*, 2022), Paula da Silva *et al.* (2021) señala que la harina de trigo integral por biomasa de spirulina para la producción de galletas no solo enriquece el producto en términos de contenido proteico, sino que también incrementaría su contenido proteico y la calidad.

De otro lado (Buriti, 2017; Rodrigues, 2015; B. Silva, 2017) elaboraron productos de panificación y pasta, empleando como materia prima solo harina de trigo integral y spirulina, pues así reportaron menores porcentajes de proteína en comparación con los resultados obtenidos en la investigación, de esta forma se contrasta que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua negra y la adición de spirulina mejoró la composición nutricional de la matriz alimentaria, consecuentemente (Elías *et al.*, 2021; Mendoza-Pérez & Palacios-Morales, 2018; Mu *et al.*, 2022; Navarro-Martínez & Pereira-Jalilie, 2000; Valdivia, 2019; Vásquez *et al.*, 2016; Xu *et al.*, 2019) mencionan que la adición de harina de quinua incrementó el contenido de proteína en las matrices alimentarias desarrolladas, y las propiedades fisicoquímicas y estructurales cambiaron significativamente debido a la interacción molecular de la proteína.

De acuerdo a las investigaciones de (Mu *et al.*, 2022; Tiga *et al.*, 2021; Uribe-Wandurraga *et al.*, 2019) aprecian el potencial de las microalgas y los compuestos derivados de microalgas para emplearse como ingrediente novedoso con propiedades funcionales en la industria de la panadería, pasta y galletas, generalmente estos estudios intentaron y consiguieron mejorar las propiedades nutricionales de los alimentos, incorporando la biomasa de spirulina en sus formulaciones. Estas investigaciones dan soporte a la

investigación realizada, el incremento de harina de quinua negra y spirulina, aumenta el valor nutricional, como el contenido de proteína, esto se debe al contenido proteico presente en la quinua 12.97 % y spirulina 62.84 % según el estudio realizado Tabla 22.

En la Tabla 27, se observa la relación de la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y la Spirulina respecto al % de humedad, en este estudio los valores P inferiores a 0,050 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, B-Spirulina es un término significativo. Los valores superiores a 0,050 indican que los términos del modelo no son significativos, en este caso notamos que el efecto de la interacción de los factores AB no es significativo.

Tabla 27: Análisis de la varianza del contenido de humedad en la elaboración de queque

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	2.46	3	0.8208	4.12	0.0429
A-Harina de quinua negra	0.8532	1	0.8532	4.28	0.0685
B-Spirulina	1.60	1	1.60	8.02	0.0197
AB	0.0012	1	0.0012	0.0061	0.9392
Residual	1.79	9	0.1994		
Lack of Fit	1.79	5	0.3589	5127.67	< 0.0001
Pure Error	0.0003	4	0.0001		
Cor Total	4.26	12			

En la Figura 27 se puede observar un punto de color naranja que indica el valor más alto de humedad 19.75 % (T2 =20% de harina de quinua negra y un 5% de espirulina), y puntos de color azul en que indica el valor más bajo de humedad 7.54% (T7 = 20% de harina de quinua negra y un 3.4% de espirulina). También se pueden observar puntos de color verde y celeste que tienen porcentajes de humedad similares

Humedad
17.54 19.75

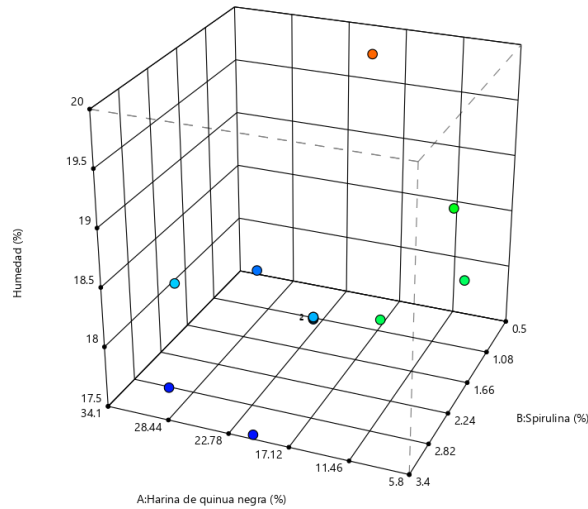


Figura 27: Gráfico de dispersión 3D para el porcentaje de humedad

Los valores obtenidos se observan en la Tabla 23, según MINSA (2010) de acuerdo a la RM N.º 1020-2010/MINSA, indica que los parámetros límites máximos permisibles de humedad en productos de panadería (queque), se encuentra como máximo valor 40 %, al realizar las comparaciones entre los resultados obtenidos y la norma, el queque se encuentra en el rango de humedad permisible, valor mínimo 15.33 % y valor máximo 19.75 %.

Así mismo diferentes autores reportaron porcentajes de humedad en la elaboración de matrices alimentarias con la adición de harina de quinua (Aviles, 2019; Elías *et al.*, 2021; Huayna, 2016; Mendoza-Pérez & Palacios-Morales, 2018; Navarro-Martínez & Pereira-Jalilie, 2000; Vásquez *et al.*, 2016) 8.65, 10.17, 12.95, 17.00, 26.5, 36.96 % de humedad, en estos estudios se observa el incremento de humedad esto de debe a que trabajaron a distintos porcentajes de adición de harina de quinua, por otro lado, estudios en matrices alimentarias elaborados con la adición de spirulina (Aviles, 2019; Huayna, 2016; Navarro-Martínez & Pereira-Jalilie, 2000; Vásquez *et al.*, 2016) reportaron 12.95, 8.65, 10.17, 35.96 % de humedad, en estos estudios se puede evidenciar las diferencias en porcentaje de humedad puesto también se trabajó a diferentes % de spirulina. Por otro lado, Zanganeh *et al.* (2020) demuestra en su estudio el efecto de diferentes porcentajes de spirulina sobre las propiedades fisicoquímicas de los bizcochos, donde reporto que la adición de *spirulina platensis* al bizcocho provocó la reducción de su contenido de humedad durante el almacenamiento (días 1, 5 y 10).

Aviles (2019) indica que el análisis químico proximal de las matrices alimentarias obtenidas con mezcla de harina de quinua y otras harinas varía de acuerdo al porcentaje de la mezcla y tipo de harina.

En la Tabla 28, se observa la relación de la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y la Spirulina respecto al % de ceniza, en este estudio los valores P inferiores a 0,050 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A - Harina de quinua negra es un término significativo. Los valores superiores a 0,050 indican que los términos del modelo no son significativos, en este caso notamos que el efecto de la interacción de los factores AB no es significativo.

Tabla 28: Análisis de la varianza del contenido de ceniza en la elaboración de queque

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	0.0578	3	0.0193	2.40	0.1351
A-Harina de quinua negra	0.0429	1	0.0429	5.35	0.0460
B-Spirulina	0.0145	1	0.0145	1.81	0.2118
AB	0.0000	1	0.0000	0.0031	0.9567
Residual	0.0721	9	0.0080		
Lack of Fit	0.0719	5	0.0144	205.31	< 0.0001
Pure Error	0.0003	4	0.0001		
Cor Total	0.1299	12			

En la Figura 28 se puede observar un punto de color naranja que corresponde al valor más alto de porcentaje de ceniza 1,84% (T1 = 34,1% de harina de quinua negra y un 2 % de spirulina). También hay un punto de color azul en que indica el valor más bajo de porcentaje de ceniza 1,45% (T4 = 10% de harina de quinua negra y un 1 % de spirulina). Además, se pueden observar puntos de color verde que tienen porcentajes de ceniza similares. Al aumentar la cantidad de harina de quinua negra y Spirulina, el porcentaje de ceniza también aumenta.

Ceniza
1.45 1.84

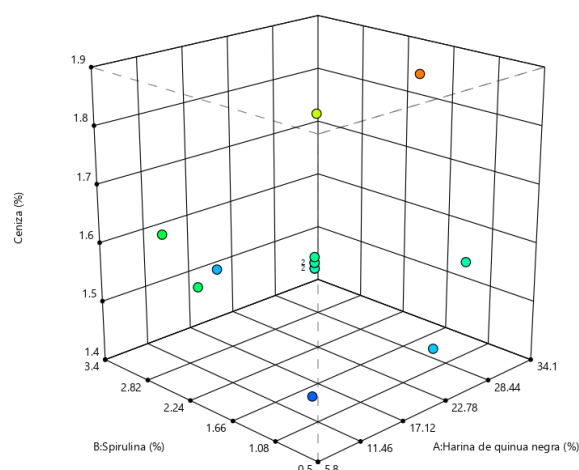


Figura 28: Gráfico de dispersión 3D para el porcentaje de ceniza

Los valores obtenidos en la investigación se observan en la Tabla 23, según MINSA (2010) de acuerdo a la RM N ° 1020-2010/MINSA, indica que los parámetros límites máximos permisibles de ceniza en productos de panadería (queque), se encuentra como máximo valor 3 %, al realizar las comparaciones entre los resultados obtenidos y la norma, el queque se encuentra en el rango de ceniza permisible, valor mínimo 1.45 y valor máximo 1.84 %.

Mu *et al.* (2022), señala que a medida que se incrementa el porcentaje de quinua, también incrementa el porcentaje de cenizas. Se sabe que dentro de su composición de la quinua negra y spirulina, contienen alto contenido de minerales, es por ello que los resultados obtenidos coinciden con lo mencionado. S. da Silva *et al.* (2021) informo en su trabajo 11,7 % de ceniza, mientras que A. Kumar *et al.* (2018) 1.72 % ceniza y D. Kumar *et al.* (2022) 8.34 % ceniza.

En la Tabla 29, se observa la relación de la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y la Spirulina respecto al % de acidez, en este estudio los valores P inferiores a 0,050 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, la interacción de los factores AB es significativo.

Tabla 29: Análisis de la varianza del contenido de acidez en la elaboración de queque

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	0.0010	3	0.0003	0.3432	0.7949
A-Harina de quinua negra	0.0001	1	0.0001	0.1231	0.7337
B-Spiruina	0.0000	1	0.0000	0.0174	0.8979

<<continuación>>

AB	0.0009	1	0.0009	0.9298	0.3601
Residual	0.0087	9	0.0010		
Lack of Fit	0.0086	5	0.0017	57.27	0.0008
Pure Error	0.0001	4	0.0000		
Cor Total	0.0097	12			

En la Figura 29, se observa los puntos de color rojo correspondiente a los valores más altos en acidez los tratamientos T3, T4, T6 y T8 y los puntos de color azul los valores menores en acidez tales como los tratamientos T1, T2, T5, T9, T10 y T12, a medida que incrementa el contenido de harina de quinua negra y spirulina incrementa el contenido de acidez.

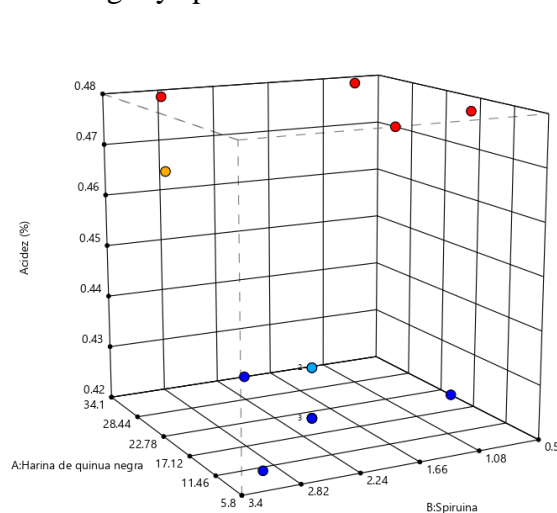


Figura 29: Gráfico de dispersión 3D para el porcentaje de acidez.

Los valores obtenidos en la investigación se observan en la Tabla 23, según MINSA (2010) de acuerdo a la RM N ° 1020-2010/MINSA, indica que los parámetros límites máximos permisibles de acidez en productos de panadería (queque), se encuentra como máximo valor 0.70 %, al realizar las comparaciones entre los resultados obtenidos y la norma, el queque, obtuvo como valor mínimo 0.40 % y valor máximo 0.48 % de acidez los cuales se encuentran próximos al valor máximo de acidez indicado por la norma.

Según la investigación de Machado *et al.* (2010) se observó una tendencia de incremento de acidificación, mostrando una tendencia creciente después de la primera semana de almacenamiento, posiblemente por el incremento de la spirulina a la mezcla, y el tiempo de conservación, según (Franco & Landgraf, 2019) algunas levaduras o composición de la spirulina, produce ácidos orgánicos y, en consecuencia, aumenta la acidez, lo que podría haber ocurrido en este estudio, (Ferreira *et al.*, 2022) reporto en su muestra patrón 0.15 %

acidez y a medida que incrementaba el % de spirulina la acidez incremento hasta un 0.18 % acidez.

En la Tabla 30, se observa la relación de la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y la Spirulina respecto al % de peróxido, en este estudio los valores P inferiores a 0,050 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, la interacción de los factores AB es significativo.

Tabla 30: Análisis de varianza del contenido de peróxido en la elaboración de queque

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	0.0010	3	0.0003	0.5057	0.6880
A-Harina de quinua negra	0.0003	1	0.0003	0.4795	0.5061
B-Spirulina	5.249E-06	1	5.249E-06	0.0078	0.9316
AB	0.0006	1	0.0006	0.9268	0.3608
Residual	0.0061	9	0.0007		
Lack of Fit	0.0059	5	0.0012	39.66	0.0017
Cor Total	0.0071	12			

En la Figura 30, se observa los puntos de color rojo correspondientes a los valores más altos de peróxido, que fueron los tratamientos T6 y T8, los puntos de color azul los valores menores en acidez correspondientes a los tratamientos T1, T5, T10 y T12, a medida que incrementa el contenido de harina de quinua negra y spirulina incrementa el contenido de peróxido.

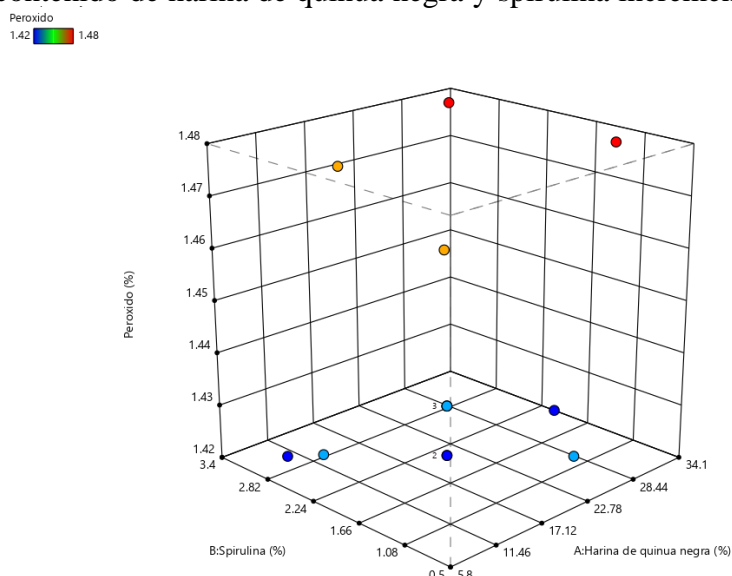


Figura 30: Gráfico del efecto principal del % peróxido.

Según MINSA (2010) de acuerdo a la RM N.º 1020-2010/MINSA, indica que los parámetros límites máximos permisibles de peróxido en productos de galletería y oblea, se encuentra como máximo valor 5 mg/kg, al realizar las comparaciones entre los resultados obtenidos y la norma, el que se encuentra en el rango de peróxido por debajo de la norma de peróxido para galletas y oblea, valor mínimo 1.42 me/kg y valor máximo 1.48 me/kg.

En el estudio se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de harina de quinua y spirulina aumenta el contenido de peróxido, a todo esto, Machado *et al.* (2010) indica que en los índices de peróxido del pan común estudiado, tuvo un comportamiento durante el almacenamiento, incrementándose el índice de peróxido por el proceso de oxidación de lípidos que se inicia con la producción de peróxido y disminuye al cabo de tres días. Según Dantas (2015) el contenido de lípidos de un alimento es importante para determinar las reacciones disponibles para las transformaciones químicas que resulten en oxidación, estos resultados podría sostener los datos obtenidos en la investigación desarrollada.

Además, Calligaris *et al.* (2008) estudio la predicción de la vida útil de palitos de pan utilizando índices de oxidación, a medida que subía la temperatura de almacenamiento, aumentaba el contenido de peróxido en los palitos de pan 1.7 a 2.9 meq/kg, por otro lado, M. Palomino & Salazar (2017) elaboraron galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y chía, donde el índice peróxido, varía ligeramente en las galletas, desde 2,19 meq/kg a 2,32 meq/kg las cuales indica que estos resultados se encuentran dentro de la (NTP) normas técnicas peruanas, así mismo Amini *et al.* (2022) señalan que encontraron 2 meq/kg de peróxido en torta de quinua, la muestra control fue mayor que el tratamiento, por lo que mencionan que el bajo índice de peróxido de la torta de quinua se debe a la temperatura de horneado, por otro lado, Flores (2016) reporta 0 meq/kg de peróxido en las galletas elaborada a partir de harina de quinua, así mismo Chavez (2017) en la evaluación de galletas, indica que no presentaron valores de índice de peróxido por lo que da a las galletas grado de estabilidad y mayor tiempo de vida útil, en la investigación de Calligaris *et al.* (2008) manifiesta que la temperatura de almacenamiento influye en el contenido de peróxido y genera una reacción lipídica incrementando el contenido de peróxido al cabo de 3 días esta disminuye así mismo otro de los factores es la temperatura de horneado tal como afirma Amini *et al.* (2022), estos factores pudieron afectar a al incremento de peróxido del queque u otros factores de la interacción de la mantequilla, spirulina y harina de quinua.

4.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HIERRO DE LOS QUEQUES CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA.

En la Tabla 31, se muestran los resultados obtenidos del contenido de hierro de los dos queques seleccionados por su alto contenido de proteína y una muestra patrón.

Tabla 31: Resultado del análisis de hierro de los queques

TRATAMIENTO	mg/kg X ± DE	mg/100 g X ± DE
QUEQUE_T1 ^a	34.14 ± 0.63	3.414 ± 0.63
QUEQUE_T6 ^b	29.04 ± 0.14	2.904 ± 0.14
QUEQUE_T0 ^c	24.50 ± 0.22	2.450 ± 0.22

Nota: a = 34 % de harina de quinua, 2 % de spirulina; b = 30 % de harina de quinua, 3 % de spirulina; c = 0 % de harina de quinua y spirulina.

FUENTE: BHIOS LAB (2021)

En este estudio la relación de la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y la Spirulina respecto al porcentaje de hierro, tuvo un valor-P menor de 0.05 indicando que si existe diferencia significativa, así mismo la prueba Duncan clasifica en tres grupos a los tratamientos de queque: grupo “A” representada por el tratamiento óptimo T1 (34 % harina de quinua negra y 2 % spirulina) donde se evidencia que es el grupo que tienen mayor contenido de hierro con 3.41 mg/100 g, el grupo “B” representado por el T6 (30 % harina de quinua negra y 3 % spirulina) con un contenido de 2.90 mg/100 g de hierro y finalmente el grupo “C” representada por el tratamiento T0 (0 % harina de quinua y spirulina) donde se observa menor contenido de hierro 2.45 mg/kg.

En la Tabla 31, se muestra la comparación de los tratamientos, donde el queque control T0 obtuvo 2.450 mg/100 g de hierro y el tratamiento T6 obtuvo 2.904 mg/100 g de hierro, este tratamiento incrementó en un 13.29 % de hierro respecto al tratamiento T0 y el tratamiento T1 obtuvo 3.414 mg/100 g de hierro incrementando en un 28.23 % respecto al tratamiento T0, siendo este el tratamiento con mejor contenido de hierro.

Según Tarazona (2018) indica que la spirulina contiene 28.5 mg/100 g de hierro y Zea (2010) menciona que la harina de quinua negra contiene 3.7 mg/100 g de hierro, en los siguientes estudios se reportan que la spirulina es el que aporta mayor cantidad de hierro a mayor contenido de spirulina incrementa el porcentaje de hierro, así mismo estudios reportan que

la harina de quinua mezclada con otros tipos de granos y cereales aportan mayor porcentaje de hierro.

Se evidencia el incremento del contenido de hierro, la cual coincide con diferentes estudios como el de Shahbazizadeh et. (2015) donde reporto en su investigación que la adición de spirulina incrementó el contenido de hierro en las galletas iraníes tradicionales que contenían como materia prima harina de trigo y spirulina, estas fueron elaboradas con diferentes tratamientos: 0.0 % de spirulina apporto 2.46 mg/100 g de hierro y 1.5 % de spirulina apporto 4.00 mg/100 g de hierro, acercándose a los resultados obtenidos en este estudio, así mismos da Silva *et al.* (2021) evidencio el incremento del contenido de hierro en la elaboración de galletas enriquecidas con microencapsulación de *Spirulina máxima*, donde la biomasa de spirulina presento altos contenidos de hierro 4.88 mg/100 g demostrando de esta forma la calidad nutricional de la spirulina.

Varias investigaciones demuestran el incremento de hierro al adicionar spirulina a matrices alimentarias, investigaciones como el de Gutiérrez y Tello (2018) quienes elaboraron galletas con harina multicereal (kiwicha, cañihua y otros) con diferentes concentraciones de spirulina, como resultado el incremento de hierro, 4,505 mg/100 g (1 % de spirulina) y 5.707 mg/100 g (5 % de spirulina), por otro lado, Tafur y Obregón (2019) desarrollaron gomitas funcionales de cushuro enriquecida con aceite de sacha inchi y spirulina logrando incrementar de 2.74 mg/100 g a 9.12 mg/100 g de hierro, así mismo Buriti (2017) desarrollo una barra alimenticia donde se evidenció el incremento de hierro, 1.03 mg/100 g de hierro (3 % de spirulina), por su parte Rodrigues (2015) elaboro bizcochos con distintos porcentajes de harina de trigo y spirulina incrementando el porcentaje de hierro, 3.0 mg/100 g (5 % de spirulina) incremento a 6 mg/100 g (15 % de spirulina), mientras que B. Silva (2017) elaboro galletas con diferentes concentraciones de harina de trigo y spirulina, 0.55 mg/100 g (0 % de spirulina) y 1.12 mg/100 g (5 % de spirulina).

Por otra parte, Mendoza-Pérez y Palacios-Morales (2018) elaboró y valoro el hierro en el pan enriquecido con harina de quinua y soja; donde se realizó dos formulaciones, los resultados de hierro para la primera formulación fue de 6.2 mg/100 g (70 % harina de trigo, 10 % harina de quinua, 20 % harina de soja) y la segunda formulación 6.0 mg/100 g de hierro (70 % de harina de trigo, 15 % harina de quinua, 15 % de soja).

El estudio realizado evidencia, que la harina de quinua negra y spirulina aporta un gran porcentaje de hierro, en comparación con los estudios realizados por (Buriti, 2017;

Rodrigues, 2015; B. Silva, 2017) donde se utilizó solo harina de trigo y spirulina, de esta forma se reportó valores inferiores de porcentaje de hierro en comparación al estudio realizado, en cuanto a la investigación de Mendoza-Pérez y Palacios-Morales (2018) reportaron mayor porcentaje de hierro, esto se debe a que se utilizaron otras materias primas (multicereal y leguminosas).

Así mismo se evidencia en la Figura 31 el incremento de contenido de hierro, el tratamiento T1 con 3.414 mg/100 g de hierro (a) la cual fue elaborado con 34 % de harina de quinua negra y 2 % de spirulina; el tratamiento T6 con 2.904 mg/100 g de hierro (b) se ha elaborado con 30 % de harina de quinua negra y 3 % de spirulina, y el tratamiento T0 con 2.450 mg/100 g (c) con 0 % de harina de quinua y spirulina.

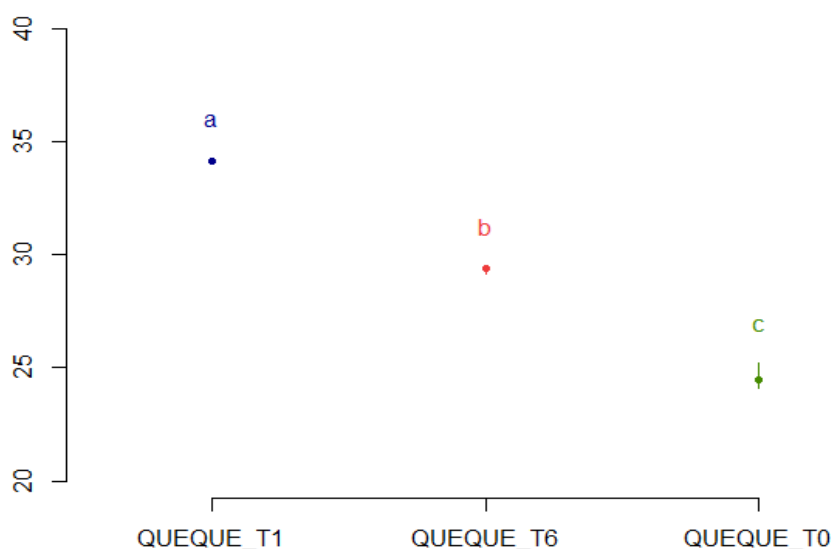


Figura 31. Gráfico de comparación de contenido de hierro

Existen reportes de diferentes investigaciones ejecutadas en panificación, donde se demostró la factibilidad de adicionar harina de quinua como sustituto de harina de trigo: 10 % de harina de quinua (Elías *et al.*, 2021); 15 % de harina de quinua (Mendoza-Pérez & Palacios-Morales, 2018); 30 % de harina de quinua (Aviles, 2019); hasta 75 % de harina de quinua reportada por (Navarro-Martínez & Pereira-Jalilie, 2000), así mismo con la adición de spirulina: 2.0 % (B. Lucas *et al.*, 2020); 6 % (de Melo *et al.*, 2017); 3 % (Figueira *et al.*, 2011); 1 % (Navacchi *et al.*, 2012); 3.0 % (de Morais *et al.*, 2006) todos estos estudios evidencian que el incremento de harinas de quinua y spirulina incrementa el contenido nutricional de las matrices alimentarias elaboradas.

Los datos obtenidos en la investigación demuestran que el queque elaborado con la adición de harina de quinua 420 negra Collana y spirulina, incrementan el contenido de hierro a medida que el porcentaje de harina de quinua y spirulina aumentan, estos resultados son respaldados por diferentes investigaciones (Buriti, 2017; S. da Silva *et al.*, 2021; Gutiérrez & Tello, 2018; Mendoza-Pérez & Palacios-Morales, 2018; Shahbazizadeh *et al.*, 2015).

Al realizar comparaciones con investigaciones donde se elaboraron matrices alimentarias utilizando únicamente harina de trigo (integral) y spirulina, se puede evidenciar la gran diferencia en cuanto al aporte de hierro por la adición de la quinua INIA 420 – Negra Collana y spirulina. A mayor porcentaje de harina de quinua y spirulina incrementa el porcentaje de hierro, lo que evidencia su gran aporte.

En la Tabla 32 se observa las comparaciones de porcentaje de hierro en diferentes matrices alimentarias, con adición de spirulina, se puede evidenciar que en las investigaciones de (Buriti, 2017; Koli *et al.*, 2021; Rodrigues 2015; Silva, 2017) el incremento de spirulina incrementa el porcentaje de hierro. Así mismo, se evidencia que el contenido de hierro en la investigación es superior a las demás matrices alimentarias.

Tabla 32: Comparación de contenido de hierro en matrices alimentarias elaboradas con adición de spirulina

% de adición de spirulina	Queque a partir de harina de quinua negra y spirulina^a	Buriti (2017)^b	Rodrigues, (2015)^c	B. Silva (2017)^d	(Koli <i>et al.</i>, 2021)^e
0 %	2.45	0.97	1.0	0.55	1.28
2 %*	3.41	-	-	-	1.81
3 %*	2.90	1.03	-	-	-
5 %*	-	1.45	3.0	1.12	2.55
15*	-	-	6	-	5.08

Nota: a= resultados obtenidos en la investigación, b = barra alimenticia (harina de trigo y spirulina), c = bizcochos (harina y spirulina), d = galletas (harina y spirulina), e = pasta (harina de trigo y spirulina).

En la Tabla 33 se observa las comparaciones de porcentaje de hierro en diferentes matrices alimentarias, con adición de harina de quinua, se puede evidenciar que en las investigaciones de (Adrianzen *et al.*, 2022; Mendoza-Pérez & Palacios-Morales, 2018) el incremento de

harina de quinua incrementa el porcentaje de hierro, los altos porcentajes de hierro se debe a que en estas investigaciones trabajaron con la adición de otros insumos.

Tabla 33: Comparación de contenido de hierro en matrices alimentarias elaboradas con harina de quinua

% de adición de Harina de quinua	Queque a partir de harina de quinua negra y spirulina^a	(Adrianzen <i>et al.</i>, 2022)^b	Mendoza-Pérez y Palacios-Morales (2018)^c
0 %	2.45		
2 %	3.41		
3 %	2.90		
5 %	-	5.0	
10 %	-		6.2
15 %	-		6.0

Nota: a= resultados obtenidos en la investigación, b = barras de cereal a partir de quinua, c = pan enriquecido con harina de quinua.

4.4. ACEPTABILIDAD DE LOS QUEQUES CON MAYOR CONTENIDO DE PROTEÍNA Y HIERRO.

Prueba de la aceptabilidad, las escalas estuvieron dadas por: odie, no me gusta, indiferente, me gusto, me encanta, para la cual se asignó un valor numérico para cada categoría.

En la Tabla 34 se muestra la prueba de Friedman donde se obtuvo un Chi-cuadrado de 50.17, se comparó el resultado de la Tabla 34 (4 tratamientos – 1 = 3 grados de libertad) y para 3 grados de libertad el valor crítico es de 7.81 (Anexo 2) como el Chi-cuadrada es mayor al valor crítico decimos que la aceptabilidad de los cuatro tratamientos es diferente.

Tabla 34: Prueba de Friedman: aceptabilidad vs tratamiento, jueces

Tratamiento	N	Mediana	Suma de clasificaciones
T0	100	4.4375	320.0
T1	100	3.6875	260.0
T6	100	3.5625	219.0
TM	100	3.5625	201.0
General	400	3.8125	

<<continuación>>

Método	GL	Chi-cuadrada	Valor p
No ajustado para empates	3	50.17	0.000
Ajustado para empates	3	65.93	0.000

Puesto que el valor p para la aceptabilidad es menor que el nivel de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula y concluye que al menos uno de los cuatro tratamientos tiene un efecto diferente. Además, la media de las respuestas para T1 (3.6875), T6 (3.5625) y TM (3.5625) están cerca de la media general (3.8125), pero la media de la respuesta para el T0 (4.4375) es sustancialmente mayor. Estos resultados indican que el T0 (0 % de adición de harina de quinua y spirulina) tiene mejor aceptabilidad respecto a los demás tratamientos, seguido del T1 (34.1 % harina de quinua y 2.0 % de spirulina).

En la Figura 32, se observa las diferencias, donde el T0 evidencia una mejor aceptabilidad respecto al demás tratamiento.

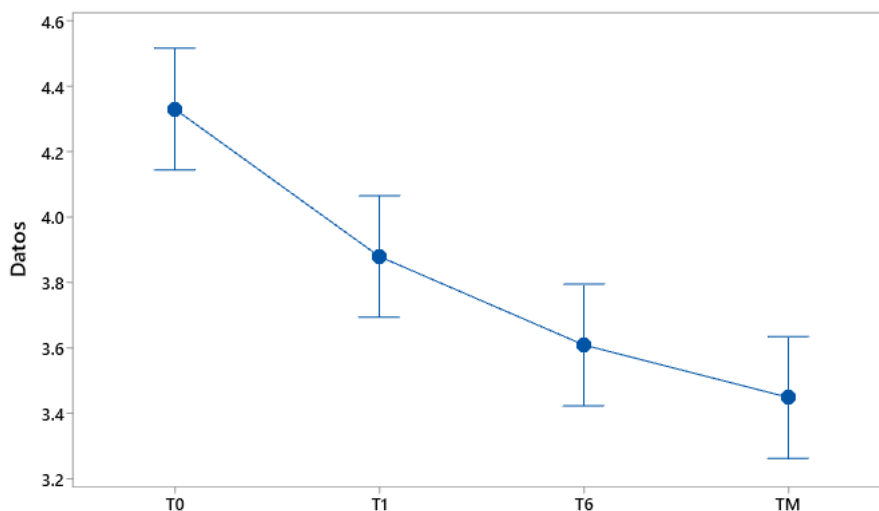


Figura 32: Gráfico de intervalos de la aceptabilidad de los tratamientos

En la Figura 33 se observa que los niños marcaron en mayor porcentaje la escala hedónica “odíe”, en cuanto a la escala hedónica de “no me gusto” las niñas con mayor porcentaje seguido de los niños, por otro lado los niños y niñas con corta diferencia marcaron por la escala hedónica “indiferente”, así mismo las niñas tuvieron mayor porcentaje en cuanto a la calificación de “me gusto” seguido de los niños, mientras que en la calificación de la escala hedónica “me encanto” los niños tuvieron mayor porcentaje de puntuación seguido de las niñas.

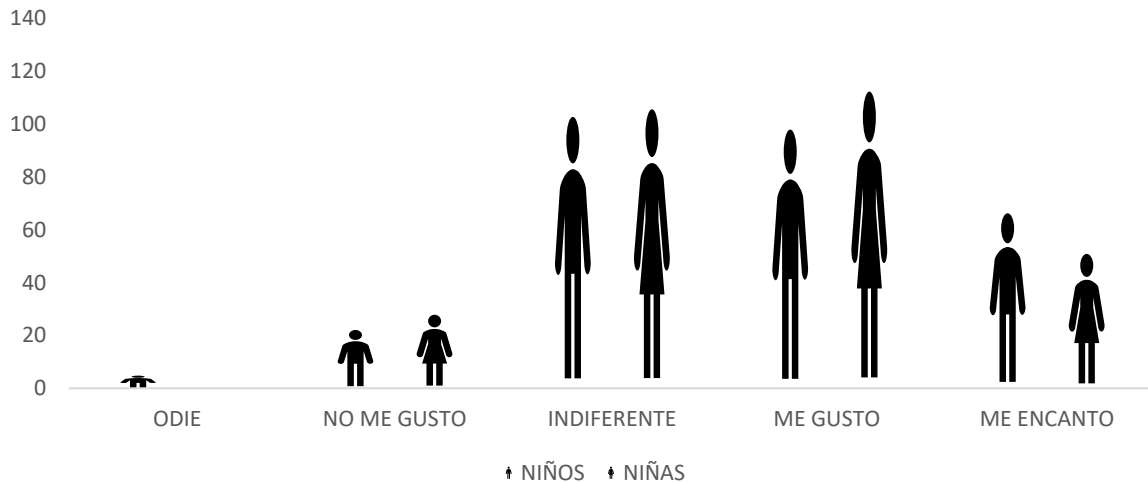


Figura 33. Comparación de calificación entre niños vs niñas

Diversas investigaciones con la adición de spirulina a las matrices alimentarias evaluaron el sabor y la aceptación de estos productos, realizando el análisis sensorial. En la mayoría de los estudios, investigadores indican que las matrices con menor porcentaje de spirulina tienen una alta aceptación y que las concentraciones más altas de spirulina resultaron en una aceptación generalmente reducida. Esto podría verse afectado porque generalmente los productos de panificación no tienden a ser verde, esto afectando de manera significativa a la percepción de los niños.

Según Lucas *et al.* (2018), el color es uno de los parámetros principales a evaluar en las formulaciones de matrices alimentarias, la spirulina debido a su pigmentación verde puede afectar la aceptación del consumidor, los consumidores al principio encontraron poco atractivo por sus características color verde al queque, así mismo indica que los queques con menor cantidad de spirulina obtuvieron puntuaciones de 7 (me gusta moderadamente) y 8 (me gusta mucho) por otro lado, Kumar *et al.* (2022) evaluó en 57 panelistas donde la pasta enriquecida con 20 % de spirulina tenía una aceptabilidad menor respecto a los 5 por ciento de adición de spirulina.

Şahin (2020) en la evaluación de bizcochos tuvo una buena puntuación sensorial, la más aceptada fue la galleta enriquecida con menor porcentaje de spirulina 1 % mientras que las galletas con mayor porcentaje 5 % tuvo menor aceptabilidad. Lucas *et al.* (2020) elaboro barras enriquecidas con spirulina para la nutrición de los escolares, donde la adición de 0 % y 2 % de spirulina no tuvieron diferencia significativa, por lo que se pudo demostrar que los niños aceptaron visualmente la adición de concentraciones más altas de spirulina 6 %, por otro lado, A. Kumar *et al.* (2018) desarrollo barras altas en proteína en enriquecida con

spirulina para niños desnutridos, se observó que las barras con mayor contenido de spirulina 5 % tenía un mayor atractivo que aquellas con cantidades considerablemente menores. En la investigación los niños tuvieron mejor aceptación para el queque T0, ya que es un queque con 0 % de adición de harina de quinua negra y spirulina, se puede decir un queque común, mientras que el queque T1 en segundo lugar de aceptación, el color verde otorgado por la spirulina y el color oscuro otorgado por la quinua negra pudieron interferir en la aceptación.

Lemes *et al.* (2012) indica que la incorporación de la biomasa de spirulina junto a la harina de trigo, pudo observar la coloración inicial y olores más fuertes en comparación con las de las pastas frescas preparadas con harina de trigo, las pastas con menor porcentaje de spirulina presentaron mayor aceptabilidad, mientras que el de mayor porcentaje de spirulina tuvo menor aceptación debido al color y olor. Por otro lado, según (Aviles, 2019) reporta en su investigación que el queque con mayor porcentaje de proteína tuvo mayor porcentaje de harina de quinua negra, pero al someterlo al análisis sensorial el atributo de apariencia fue el que menos calificación logró, por lo que se deduce que el alto contenido de harina negra ocasiona las características no favorables.

4.5. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL

En la Tabla 35 y 36 se muestran los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos del producto final.

Tabla 35: Composición fisicoquímica del producto final

Propiedades fisicoquímicas	Composición
Proteína %	8.72
Hierro mg/kg	3.414
Humedad %	18.00
Acidez %	0.42
Ceniza %	1.84
Peróxido me/kg	1.42
Grasa %	6.4
Fibra %	5.8
Carbohidratos %	68.7

Según MINSA (2010) de acuerdo a la RM N.º 1020-2010/MINSA, indica que los parámetros para el porcentaje de humedad son: humedad 40 %, acidez (expresado en ácido láctico) 0.70 %, cenizas 3 %, el producto de final de esta investigación se encuentra dentro de los límites.

Tabla 36: Análisis microbiológico del producto final

RECuento DE MOHOS	
Moho (ufc/g)	10 <

En el análisis microbiológico no se encontró colonias formadoras de moho, por lo que se encuentra dentro de los límites según la RM N.º 1020-2010/MINSA.

El queque puede ser consumido por la población en general, en especial la población infantil, el queque elaborado es un producto fuente de proteína y hierro, de fácil preparación e ingredientes fáciles de conseguir como la harina de quinua INIA 420 – Negra Colla y spirulina, según Araújo, (2016) el consumo en pequeñas cantidades puede minimizar los problemas de desnutrición.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los mejores tratamientos fluctúan entre 8.57 y 8.72 % de proteína, siendo el valor más alto en contenido de proteína la formulación T1 (8.72 %) con adición de 34.1 % de harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y 2 % de spirulina, así mismo se evidenció que se ha superado en contenido proteico al queque común (testigo), por otro considerando la maximización de variables, el valor optimizado encontrado es de 8.77 % de proteína la cual se podría llegar a ese valor con la adición de 34.1 % de harina de quinua negra Collana y 3.4 % spirulina, de esta manera se pudo evidenciar que el incremento del porcentaje de harina de quinua negra y spirulina incrementa el valor proteico del queque, siendo esta formulada de acuerdo al porcentaje verdadero en panadería.
- El mejor tratamiento en porcentaje de proteína T1 (8.72 % proteína) obtuvo 3.414 mg/100 g de hierro, a mayor porcentaje de proteína, incrementa el contenido de hierro, esto debido a la adición de diferentes cantidades de harina de quinua negra y spirulina.
- En la prueba de la aceptabilidad, el tratamiento T0 (0 % adición de harina de quinua negra y spirulina) tuvo mejor aceptabilidad por los niños y niñas, seguido del tratamiento T1 (34.1 % harina de quinua negra y 2.0 % spirulina) una de las razones podría ser porque los productos horneados no son naturalmente verdes, y el color verde otorgado por la spirulina y el color oscuro que otorga la quinua negra, afecta negativamente la percepción de los niños.

5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar la tecnología de microencapsulación para la spirulina, para obtener mejores resultados en las pruebas sensoriales.
- Estudiar la influencia del tiempo y temperatura de horneado respecto al porcentaje de hierro y proteína.
- Estudiar el efecto del consumo de la matriz alimentaria elaborada sobre indicadores de nutrición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 58, Issue 09, pp. 1–31). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Adrianzen, O., Julca, A., Quiñones, L., & Yalta, J. (2022). Barras de cereales a base de quinua (*Chenopodium quinoa*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y hierro hemínico. *Revista Pakamuros*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v10i1.272>
- Aguilar, R., & Marcillo, J. (2018). *Desarrollo de una formulacion para la elaboración de una galleta libre de gluten con un valor proteinico riquedida con spirulina platensis* [Universidad de Guayaquil]. <http://www.fao.org/3/I8739EN/i8739en.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.adolescence.2017.01.003%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.childyouth.2011.10.007%0Ahttps://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23288604.2016.1224023%0Ahttp://pdx.sagepub.com/lookup/doi/10>
- Al-Azhar, G. (2016). Impact of spirulina on nutritional status, haematological profile and anaemia status in Malnourished Children in the Gaza Strip: Randomized Clinical Trial. *Maternal and Pediatric Nutrition*, 2(2). <https://doi.org/10.4172/2472-1182.1000110>
- Almeida, L. M. R., Cruz, L. F. da S., Machado, B. A. S., Nunes, I. L., Costa, J. A. V., Ferreira, E. de S., Lemos, P. V. F., Druzian, J. I., & Souza, C. O. de. (2021). Effect of the addition of Spirulina sp. biomass on the development and characterization of functional food. *Algal Research*, 58(February), 102387. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102387>
- Ambrosi, M., Reinehr, C., Bertolin, T., Costa, J., & Colla, L. (2008). Propriedades de saúde de Spirulina spp. *Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences*, 29(2), 109–117.
- Amini, K., Sharifan, A., Ghiassi Tarzi, B., & Azizinezhad, R. (2022). Preparation of a Low-Calorie, Gluten-Free All-in-One Cake Mix, Containing Bacillus Coagulans Using Quinoa and Inulin Functionality. *Journal of Food Quality*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8550086>

- AOAC. (1990). *AOAC: Official Methods of Analysis (Volume 2)* (K. Helrich (ed.); 15 ed).
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). *Catálogo de Variedades Comerciales de Quinoa en Perú* (Primera ed).
- Araujo, I., Damasceno, M., Duarte De Lima, P. K., Castiglioni, G. L., Monteiro, S., Batista, H., Régia, A., & De Souza, M. (2017). Barra de Cereal Enriquecida com Biomassa de *Spirulina platensis* Enriched Cereal Bar With *Spirulina platensis* Biomass. *Revista Agrarian*, 10, 278–287.
- Araújo, J. (2016). *Elaboração de um produto de panificação, do tipo pão, enriquecido pela adição de Spirulina platensis*. Universidade Federal de Campina Grande.
- Arhuire, J., & Betancur, Y. (2016). *Aceptabilidad y calidad nutricional de la mezcla de harina de maíz morado (Zea mays l.) enriquecida con harina de spirulina (Arthrospira platensis) para la elaboración del api, Arequipa 2016* [Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1852>
- Arisaca, A. (2016). Capacidad antioxidante de tres procesos agroindustriales de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo ayara y variedad INIA 420 negra collana y disponibilidad de litio [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6592>
- Arroyave, L., & Esguerra, C. (2006). *Utilizacion de la harina de quinoa (Chenopodium quinoa wild) en el proceso de panificacion*. [Universidad de La Salle]. <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15521/T43.06A69u.pdf;jsessionid=97B49A83DFD2DE1F73163711E321BE5B?sequence=1>
- Arun, V. V., Saharan, N., Ramasubramanian, V., Rani, A. M. B., Salin, K. R., Sontakke, R., Haridas, H., & Pazhayamadam, D. G. (2017). Multi-response optimization of Artemia hatching process using split-split-plot design based response surface methodology. *Scientific Reports*, 7(December 2016), 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep40394>
- Arzapolo, D., Huamán, K., Quispe, M., & Espinoza, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Negra Collana , Pasankalla Roja y Blanca Junín extraction and characterized starch three varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Black Collana , Re. *Rev Soc Quim Perú*, 81(1), 44–54.

- Aviles, J. (2019). *Evaluación nutricional de galletas enriquecidas con harina de quinua negra (Chenopodium petiolare kunth) germinada* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11664/Aviles_Deza_Jose_Rosendo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Batista, A., Niccolai, A., Fradinho, P., Fragoso, S., Bursic, I., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M. R., Sousa, I., & Raymundo, A. (2017). Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. *Algal Research*, 26(March), 161–171.
<https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.017>
- Batista, A., Nunes, M., Fradinho, P., Gouveia, L., Sousa, I., Raymundo, A., & Franco, J. M. (2012). Novel foods with microalgal ingredients - Effect of gel setting conditions on the linear viscoelasticity of Spirulina and Haematococcus gels. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.044>
- Bayat, M., Vazifedoost, M., Ali, M., & Didar, Z. (2022). Fabrication of dragee containing Spirulina platensis microalgae to enrich corn snack and evaluate its sensorial, physicochemical and nutritional properties. *Foods*, 11, 1–20.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11131909>
- Belay, A. (2007). Spirulina (Arthrospira): Production and Quality Assurance. In *Spirulina in Human Nutrition and Health* (Primera ed, p. 26).
- Bermúdez, D. (2017). *Evaluación tecnológica de la harina de quinua (Quenopodium quinoa) variedad piartal como espesante alimentario obtenida bajo diferentes condiciones de proceso*. Universidad de La Salle Ciencia Unisalle.
- Bhinder, S., Kumari, S., Singh, B., Kaur, A., & Singh, N. (2021). Impact of germination on phenolic composition, antioxidant properties, antinutritional factors, mineral content and Maillard reaction products of malted quinoa flour. *Food Chemistry*, 346, 2–12.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128915>
- Buriti, M. (2017). *Elaboração e análises físico-químicas, microbiológicas e sensorial de barras alimentícias adicionadas de Spirulina platensis*. Univerdidade Federal de Campina Grande.
- Calderón, S., & Ortega, J. (2009). *Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo* (1

edicion). Mideplan. www.mideplan.go.cr

Calligaris, S., Pieve, S. D., Kravina, G., Manzocco, L., & Nicoli, C. M. (2008). Shelf life prediction of bread sticks using oxidation indices: A validation study. *Journal of Food Science*, 73(2), 51–56. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00624.x>

Campanella, L., Russo, M. V., & Avino, P. (2002). Free and total amino acid composition in blue-green algae. *Annali Di Chimica*, 92(4), 343–352. <https://www.researchgate.net/publication/11300800> Free

Capurro, J., & Huerta, D. (2016). *Elaboración de galletas fortificadas con sustitucion parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (Amaranthus caudatus), Quinoa (Chenopodium quinoa) y Maiz (Zea mays)* [Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2629/42894.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castiblanco, E. (2020). CAPÍTULO 3: Recetas amigos del pan. In *Recopilación de técnicas en panadería* (1 ed, pp. 128–129).

Catacora, G. (2018). *Formulación de pan común elaborado a base de harina de trigo (Triticum vulgare) y harina de quinua negra (Chenopodium petiolare kunth) y evaluación de la calidad del producto*. Universidad Nacional de San Agustín.

Chatain, C., Pernollet, M., Pralong, P., & Leccia, M. (2019). Anaphylaxie alimentaire au Quinoa. *Revue Française d'Allergologie*, 59(3), 243–244. <https://doi.org/10.1016/j.reval.2019.02.021>

Chavez, Y. (2017). *Evaluación de galletas enriquecidas con harina (Bertholletia excelsa) mediante nuevos métodos sensoriales: CATA, mapeo de preferencia y JAR*. [Universidad Peruana Unión]. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/903/Ana_Chavez_Tesis_Bachiller_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chen, A., & Resurreccion, A. (1995). Age appropriate hedonic scales to measure food preferences of young children. *Food Science Department*, 11(1996), 141–163.

Choque, N., & Neira, M. (2017). *Efecto de la harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en la formulación de pan sin gluten con transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

- Colla, L., Oliveira, C., & Costa, J. (2007). Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. *Bioresource Technology*, 98(7), 1489–1493. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.09.030>
- Contreras, A., Herbert, D., Grubbs, B., & Cameron, I. (1981). Blue-green alga , *Spirulina* , as the sole dietary source of protein in sexually. *AGRIS*, 19(6), 1–2.
- Costa, P., Toledo, T., Briao, V., Bertolin, T., & Vieira, J. (2021). Development of extruded snacks enriched by bioactive peptides from microalga *Spirulina* sp. LEB 18. *Food Bioscience*, 42(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101031>
- Czekus, B., Pećinar, I., Petrović, I., Paunović, N., Savić, S., Jovanović, Z., & Stikić, R. (2019). Raman and Fourier transform infrared spectroscopy application to the Puno and Titicaca cvs. of quinoa seed microstructure and perisperm characterization. *Journal of Cereal Science*, 87, 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.02.011>
- da Silva, S., da Valle, A., & Perrone, D. (2021). Microencapsulated *Spirulina maxima* biomass as an ingredient for the production of nutritionally enriched and sensorially well-accepted vegan biscuits. *Lwt*, 2(142), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110997>
- Dantas, R. (2015). *Formulação e caracterização de massa alimentícia tipo espaguete enriquecida com Spirulina platensis: uma alternativa para o combate a desnutrição infantil*. Universidade Federal de Campina Grande.
- de Melo, I., Duarte, P., Castiglioni, G., Monteiro, S., Batista, H., & Marques, R. (2017). Barra de Cereal Enriquecida com Biomassa de *Spirulina platensis*. *Revista Agrarian*, 10(37), 278–287.
- de Moraes, M., de Miranda, M., & Costa, J. (2006). Biscoitos de chocolate enriquecidos com *Spirulina Platensis*: Características físico-químicas, sensoriais e digestibilidade. *Alim. Nutr., Araraquara*, 17, 323–328. <https://doi.org/ISSN 0103-4235>
- de Oliveira, L. G., de Paiva, A. P., Balestrassi, P. P., Ferreira, J. R., da Costa, S. C., & da Silva Campos, P. H. (2019). Response surface methodology for advanced manufacturing technology optimization: theoretical fundamentals, practical guidelines, and survey literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(5–8), 1785–1837. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03809-9>

- Desing-Expert. (2020). *Data Tutorial: Response Surface (pt 3) Tips and Tricks for Making Response Graphs Most Presentable*.
- Díaz, M. (2017). *Optimización del proceso de elaboración de pan sustituyendo harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de tarwi (Lupinus mutabilis) y harina de quinua (Chenopodium quinoa)*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Donato, N. R., Queiroz, A. J. D. M., Feitosa de Figueirêdo, R. M., Feitosa, R. M., Moreira, I. D. S., & Lima, J. F. de. (2019). Production of Cookies Enriched With Spirulina platensis Biomass. *Journal of Agricultural Studies*, 7(2), 323–342. <https://doi.org/10.5296/jas.v7i4.15483>
- Dörendahl, J., Niepel, C., & Greiff, S. (2020). Actually Getting Some Satisfaction on the Job: Need–Supply Fit of Fundamental Motives at Work. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01740>
- Elías, J., García, C., Pérez, R., & Yauris, C. (2021). Caracterización Fisicoquímica de Pan con Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) Germinadas. *Instituto de Innovación y Formación Científica*, 2(2), 69–83. <https://doi.org/10.47192/rcc.v2i2.64>
- Espinosa, J. (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. In *Editorial Universitaria*.
- FAO. (1997). *Producción y Manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición* (3 ed). Latinfoods.
- Fernández-López, J., Lucas-González, R., Roldán-Verdú, A., & Viuda-Martos, M. (2020). Effects of black quinoa Wet-Milling coproducts on the quality properties of Bologna-Type Sausages During cold storage. *Foods*, 9(274), 1–11. <https://doi.org/doi:10.3390/foods9030274>
- Fernández-López, J., Lucas-gonzález, R., Viuda-martos, M., Sayas-barberá, E., Ballester-sánchez, J., Haros, C. M., Martínez-mayoral, A., & Pérez-álvarez, J. A. (2020). Chemical and technological properties of bologna-type sausages with added black quinoa wet-milling coproducts as binder replacer. *Food Chemistry*, 310(81), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125936>
- Ferreira, R., Moura, W., Crescêncio, P., Araújo, É., & Ferreira, Y. (2022). Composição nutricional de cookies enriquecidos com Spirulina platensis Nutritional composition of

- cookies enriched with *Spirulina platensis* Composición nutricional de galletas enriquecidas con *Spirulina platensis*. *Society and Development*, 2022, 1–10.
- Figueira, F., Crizel, T., Silva, C., & Salas-Mellado, M. (2011). Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. *Brazilian Journal of Food Technology*, 14(04), 308–316. <https://doi.org/10.4260/bjft2011140400037>
- Flores, Y. (2016). *Evaluación del efecto de aislado proteico de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variedad blanca juli, en las características sensoriales de galletas enriquecidas* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/96%0Aoi:172.16.0.151:UNJBG/1839>
- Franco, B., & Landgraf, M. (2019). *Microbiología dos alimentos* (1 ed). Atheneu.
- Garay, J. (2018). *Formulación y evaluación fisicoquímica y sensorial de galletas antianémica enriquecidas con quinua (Chenopodium quinoa) y sangre bovina*. [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3402>
- Gershwin, M., & Belay, A. (2008). *Spirulina in Human Nutrition and Health* (Primera ed). CRC Press.
- Gil, C. (2019). *RPubs - Metodología de superficie de respuesta (RSM)*. RPubs. https://rpubs.com/Cristina_Gil/RSM
- Goicoechea, H. (2016). Metodología de la superficie de respuesta. In *Diseño experimental y optimización de sistemas con múltiples respuestas* (1 ed, pp. 45–48). FBCB.
- Gómez-Álvarez, P. (2004). El hierro en la alimentación Requerimientos. *Nutrifarmacia*, 18(2), 54–56.
- González, V., Rodeiro, C., Sanmartín, C., & Vila, S. (2014). Introducción al análisis sensorial: Estudio hedónico del pan en el IES Mugaros. *Sgapeio*, 5(1), 26.
- Gostin, A. (2019). Effects of substituting refined wheat flour with wholemeal and quinoa flour on the technological and sensory characteristics of salt-reduced breads. *Lwt-Food Science and Technology*, 114, 108412. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108412>
- Gutiérrez-Salmeán, G., Fabila-Castillo, L., & Chamorro-Cevallos, G. (2015). Aspectos nutricionales y toxicológicos de spirulina (arthrospira). *Nutricion Hospitalaria*, 32(1),

34–40. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.9001>

Gutiérrez, C. (2022). *Elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua y tar*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Gutiérrez, K., & Tello, L. (2018). *Evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624916>

Hassani, M. (2019). Enrichment and Functional Effects on Baking Bread. *Babol Univ Med Sci J*, 20(1), 12–20. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.744ef19eedd4768a61d8958c9509ed9&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site&custid=ns000558&groupid=main&profile=eds&authtype=ip,guest>

Henrikson, R. (2009). *Earth Food Spirulina* (Sexta edic).

Honores, A., Izquierdo, E., & Rodríguez, E. (2019). *Taxonomía e importancia de “spirulina” Arthrospira jenniferi (Cyanophyceae : Oscillatoriaceae)* Taxonomy and importance of “spirulina” *Arthrospira jenniferi (Cyanophyceae : Oscillatoriaceae)*. 26(3), 1091–1104. <https://doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26316> ISSN:

Huayna, C. (2016). *Optimización de formulación de premezcla para la elaboración de Queque con sustitución parcial de harina de Tarwi (Lupinus Mutabilis) y Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y evaluación de su vida útil* [Universidad Nacional del Altiplano.]. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3266%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3266/Huayna_Chara_Carlos_David.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3266/Huayna_Chara_Carlos_David.pdf?sequ

Hussein, A., Ibrahim, G., Kamil, M., El-Shamarka, M., Mostafa, S., & Mohamed, D. (2021). Spirulina-enriched pasta as functional food rich in protein and antioxidant. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(6), 14736–14750. <https://doi.org/10.33263/BRIAC116.1473614750>

INACAL. (2005). *Norma Técnica Peruana NTP 206.013 bizcochos, galletas, pasta y fideos, determinación de la acidez*. Normas Técnicas Peruana.

- INACAL. (2016). *Norma Técnica Peruana NTP 206.016 Determinación de peróxidos en galletas*.
- INIA. (2013). *Quinoa INIA 420 - Negra Collana* (p. 1). INIA.
- Irmak, O. (2019). Effect of Spirulina Biomass Fortification for Biscuits and Chocolates. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(4), 583–587. <https://doi.org/https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i4.583-587.2204>
- Jourdan, P. (2016). *Espirulina por la soberanía alimentaria* (Primera ed).
- Kang, S. H., Lee, J. Y., Kim, H. J. H. R., Kim, H. J. H. R., You, B. R., Kim, M. R. M. J., Yang, K. H., Shim, E. K., & Kim, M. R. M. J. (2021). Quality Characteristics of pan bread with spirulina powder. *East Asian Soc Dietary Life*, 21(1).
- Katz, F. (2021). *Ingredients: Trends in Optimizing your Formulations and Recipes*. Food Processing. <https://www.foodprocessing.com/articles/2013/formulation-trends/>
- Kay, R., & Barton, L. (1991). Microalgae as Food and Supplement. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 30(6), 555–573. <https://doi.org/10.1080/10408399109527556>
- Khan, K. A., & Ghramh, H. A. (2022). Nutritional efficacy of different diets supplemented with microalga *Arthrospira platensis* (spirulina) in honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of King Saud University - Science*, 34(2), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101819>
- Koli, D. K., Rudra, S. G., Pabbi, S., & Kalwani, M. (2021). An assessment of the nutritional , physicochemical and sensory attributes of pasta enriched with fresh *Spirulina* wet biomass. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(1), 1174–1179.
- Krüger, C. C. H., Comassetto, M. C. G., Cândido, L. M. B., Baldini, V. L. S., Santucci, M. C., & Sgarbieri, V. C. (2003). Biscoitos tipo “cookie” e “snack” enriquecidos, respectivamente com caseína obtida por coagulação enzimática e caseinato de sódio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23(1), 81–86. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612003000100017>
- Kumar, A., Mohanty, V., & Yashaswini, P. (2018). Development of high protein nutrition bar enriched with spirulina plantensis for undernourished children. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6(3), 835–844. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.26>

- Kumar, D., Gour, S., Bhowmik, A., & Pabbi, S. (2022). Nutritional, Functional, Textural and Sensory Evaluation of Spirulina Enriched Green Pasta: A Potential Dietary and Health Supplement. *Foods*, *11*(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods11070979>
- La República. (2020). *Julio Garay presenta sus nuevas galletas vegetarianas contra la anemia* / Sociedad / La República. La República. <https://larepublica.pe/sociedad/2020/11/10/julio-garay-presenta-sus-nuevas-galletas-vegetarianas-contra-la-anemia/>
- Lafarga, T., Acién-Fernández, F. G., Castellari, M., Villaró, S., Bobo, G., & Aguiló-Aguayo, I. (2019). Effect of microalgae incorporation on the physicochemical, nutritional, and sensorial properties of an innovative broccoli soup. *LWT*, *111*, 167–174. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.037>
- Lawless, H., & Hemann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food* (Segunda ed). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lemes, A., Pereira, K., Carlos, J., De Carvalho, M., Dalva, E., & Danesi, G. (2012). Fresh Pasta Production Enriched with Spirulina platensis Biomass. *Brazilian Archives of Biology and Technology an International Journal*, *5*(5), 741–750.
- León-Lobos, P., Zurita-Silva, A., & Veas, E. (2019). Antecedentes Generales de la quinua. In *Potencial de la quinua* (pp. 5–24).
- Liria, M. (2007). Pruebas afectivas o hedónicas. In *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos* (p. 18). www.iin.sld.pe
- Lucas, B. F., Morais, M. G. de, Santos, T. D., & Costa, J. A. V. (2018). Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. *LWT - Food Science and Technology*, *90*, 270–276. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.032>
- Lucas, B., Rosa, A., Carvalho, L., de Morais, M., Santos, T., & Costa, J. (2020). Snack bars enriched with Spirulina for schoolchildren nutrition Bárbara. *Food Sci. Technol, Campinas*, *40*, 147. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.06719>
- Ludeña, A. (2011). Materias primas y productos auxiliares. In *Panadería Guia del Estudiante* (1 ed, pp. 52–58). CAPLAB. http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/plan_choco/CIEN_CIAS_7_BIM1_SEM2_EST.pdf

- Machado, V., Bierhals, V., Echevernguá, W., Santos, A., Costa, J., & Furlong, E. (2010). Estudio da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*. *BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY*, 13(01), 75–82. <https://doi.org/10.4260/bjft2010130100010>
- Maddaly, R., Sai, L., Syed, A., & Solomon, P. (2010). The beneficial effects of spirulina focusing on its immunomodulatory and antioxidant properties. *Nutrition and Dietary Supplements*, 2, 73–83. <https://doi.org/10.2147/NDS.S9838>
- Malaga, I. (2018). *Elaboración y evaluación de un producto instantáneo a base de la mezcla de harina de cebada y espirulina en niños menores de diez años - Arequipa 2017*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Masten, J., Jagodic, M., Necemer, M., Necemer, M., Vogel, K., Arcon, I., & Ogrinc, N. (2022). Nutritional Quality and Safety of the Spirulina Dietary Supplements Sold on the Slovenian Market. *Foods* 2022, 11, 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11060849>
- Maximo, C., & Gacula, J. (2004). *Design and Analysis of Sensory Optimization* (Primera ed).
- Mendoza-Pérez, D., & Palacios-Morales, F. (2018). Elaboración y valoración del hierro en el pan enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa w.*) y soja (*Glycine max*). *Revista Científica de Ciencias de La Salud*, 6(1), 59–67. <https://doi.org/10.17162/rccs.v6i1.1001>
- Mendoza, K. (2017). *Muffins de chocolate con relleno de mermelada de kiwi enriquecida con Spirulina (Arthrospira platensis)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Mesbah, E., Matar, A., & Karam-Allah, A. (2022). Functional properties of yoghurt fortified with spirulina platensis and milk protein concentrate. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.21608/jfds.2022.114135.1032>
- Minitab20. (2019). *Gráficas de contorno y gráficas de superficie 3D*. Soporte de MiniTab. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/using-fitted-models/supporting-topics/graphs/contour-plots-and-3d-surface-plots/#what-are-3d-surface-and-3d-wireframe-plots>

- MINSA. (2010). Norma Sanitaria para la Fabricación , Elaboración y Expendio de Productos de Panificación , Galletería y Pastelería RM N ° 1020-2010 / MINSA. In *Ministerio de Salud*.
- Molloco, R., & Ventura, N. (2019). *Elaboracion de una galleta con sustitucion parcial de harina de yacon(smallanthus sonchifolius)enriquecida con spirulina(arhrospira platensis)*. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.
- Montgomery, D. C. (2013). Design and Analysis of Experiments Eighth Edition. Arizona State University. In *Wiley* (8 ed, Vol. 2009, Issue 2005). y Courier Westford. The.
- Mostolizadeh, S., Moradi, Y., Mortazavi, M. S., Motallebi, A. A., & Ghaeni, M. (2020). Effects of incorporation Spirulina platensis (Gomont, 1892) powder in wheat flour on chemical, microbial and sensory properties of pasta. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(1), 410–420. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2019.119107>
- Mu, J., Qi, Y., Gong, K., Chen, Z., Brennan, M. A., Ma, Q., Wang, J., Gen, Y., Lv, W., & Brennan, C. S. (2022). Influence of substituting wheat flour with quinoa flour on quality characteristics and in vitro starch and protein digestibility of fried-free instant noodles. *Lwt-Food Science and Technology*, 165(March), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113686>
- Mujica, A., & Jacobsen, S. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 449–457. <http://www.beisa.dk/Publications/BEISA Book pdfer/CAPÍTULO 27.pdf>
- Mujica, A., Marca, S., & Jacobsen, S. (2020). *Producción actual y petencial de la quinua (Chuenopodium Quinoa Willd.) en el Perú*. 3–5.
- Munis, L., del Sacramento, B., da Silva, R., Vieira, J., & de Souza, L. (2013). Spirulina as a protein source in the nutritional recovery of wistar rats. *Arch. Biol. Technol. V*, 56(3), 447–456.
- Narvez, I. (2017). *Aprovechamiento De Algas Marinas Para La Elaboracion De Un Yogurt Funcional Enriquecido Con Concentrado Proteico De Pota(Dosidicus gigas)* [Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5049/IPnaapij.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Navacchi, M., de Carvalho, J., Takeuchi, K., & Danesi, E. (2012). Desenvolvimento de bolo de mandioca enriquecido com *Spirulina platensis* e farelo de fecularias. *Acta Scientiarum - Technology*, 34(4), 465–472. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v34i4.10687>
- Navarro-Martínez, J., & Pereira-Jalilie, S. (2000). Elaboración y caracterización de pan de molde a base de harina de chíá (*salvia hispánica* L.) y quinua (*Chenopodium quinoa* wild). *Gipama*, 2(1), 44–53.
- NIH. (2015). *Dietary Proteins: MedlinePlus*. National Institutes of Health. <https://medlineplus.gov/dietaryproteins.html>
- NIH. (2022). *IRON*. National Institutes of Health. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iron-DatosEnEspanol/>
- Nmorka, G., & Okezie, B. (1982). Nutritional quality of winged bean composite breads. *Cereal Chemistry*, 60(3), 198–202. https://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1983/Documents/chem60_198.pdf
- NutriH. (2020). *Nutri H Vegetariano x 30*. NutriH. <https://nutrih.pe/product/nutri-h-vegetariano-x-30/>
- Onacik-Gür, S., Zbikowska, A., & Majewska, B. (2018). Effect of *Spirulina* (*Spirulina platensis*) addition on textural and quality properties of cookies. *Italian Journal of Food Science*, 30(1), 1–12.
- Otegui, U., Sanz, M., & Gonzáles-Muniesa, P. (2010). Intervención dietético-nutricional en la prevención de la deficiencia de hierro Dietary-nutritional intervention in the prevention of iron deficiency. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 30(3), 27–41.
- Pagnussatt, F. A., Spier, F., Bertolin, T. E., Costa, J. A. V., & Gutkoski, L. C. (2014). Technological and nutritional assessment of dry pasta with oatmeal and the microalga *Spirulina platensis*. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(4), 296–304. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1414>
- Palomino, H. (2015). *Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y chia (salvia hispánica L.)* [Universidad Nacional José María Arguedas].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAJ_afbfc090f1d804b19bbcb804aca5a4ab

Palomino, M., & Salazar, A. (2017). *Perfil de ácidos grasos de galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de chía germinada (Salvia hispánica L.)*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Paula da Silva, S., Ferreira do Valle, A., & Perrone, D. (2021). Microencapsulated Spirulina maxima biomass as an ingredient for the production of nutritionally enriched and sensorially well-accepted vegan biscuits. *LWT - Food Science and Technology*, 142(December 2020), 110997. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110997>

Pellegrini, M., Lucas-Gonzalez, R., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2018). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) paste as partial fat replacer in the development of reduced fat cooked meat product type pâté: Effect on quality and safety. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 1079–1088. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1525433>

Peru21. (2022). *Julio Garay presenta nuevo chocolate de Nutri H con espirulina que combate la anemia*. Peru21. <https://peru21.pe/peru/conoce-el-nuevo-chocolate-de-nutri-h-que-combate-la-anemia-peru-nutri-h-espirulina-julio-garay-noticia/>

Pisfil, C. (2017). *Optimización del nivel de sustitución de la harina de trigo por harina de quinua (chenopodium quinoa), cañihua (chenopodium pallidicaule) y kiwicha (amaranthus caudatus) en la elaboración de pan panini precocido* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. [http://www.unprg.edu.pe/univ/portal/documentos_s/7.ESTATUTO ACTUALIZADO 2019 DE LA UNPRG.pdf](http://www.unprg.edu.pe/univ/portal/documentos_s/7.ESTATUTO_ACTUALIZADO_2019_DE_LA_UNPRG.pdf)

Ponce, E. (2013). Superalimento para un mundo en crisis: Spirulina a bajo costo. *IDESIA*, 31(1), 135–139. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292013000100016>

Prado, A., Serrano, R., Figueroa, G., & Shirai, K. (2013). Determinación de mohos. In *Manual de prácticas de laboratorio Microbiología de los Alimentos* (2 ed, pp. 73–79). CBS.

Quintana, L. P. (2018). Alimentación del preescolar y escolar. In *Protocolos diagnósticos y terapéuticos en pediatría* (Vol. 2, pp. 321–328).

Quispe, F., Amao, H., Medina, C., & Karina, C. (2019). *Metodologías analíticas en quinua*

- (E. Alviárez (ed.); 1 ed). Vayu Advertising & Communications S.A.C.
- Raczyk, M., Polanowska, K., Kruszewski, B., Grygier, A., & Michałowska, D. (2022). Effect of Spirulina (*Arthrospira platensis*) Supplementation on Physical and Chemical Properties of Semolina (*Triticum durum*) Based Fresh Pasta. *Molecules*, 27(2), 1–13. <https://doi.org/10.3390/molecules27020355>
- Rafael, R., & Mendoza, C. (2017). *Obtención de polihidroxicarboxilatos a partir del suero lácteo por cultivos microbianos mixtos*.
- Ramos, A., Volke, T., Prado, L., Shirai, K., Ramirez, F., & Sañazar, M. (2012). *Técnicas de tinción simple, diferencial y selectiva* (2 ed). CBS.
- Reyes, M., Gomez-Sánchez, & Espinoza, C. (2017). Tablas de composición de alimentos de Perú. In *Repositorio.Ins.Gob.Pe* (10 ed, Issue 56). MINSA. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ribeiro, R., Borges, P., de Souza, V., Gilberto, M., da Silva, J., da Silva, L., dos Santos, L., & Pereira, L. (2011). Energy values and chemical composition of spirulina (*Spirulina platensis*) evaluated with broilers 1. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5), 992–996. www.sbz.org.br
- Rodrigues, Nilcemelly. (2015). *Secagem de spirulina (Spirulina platensis) e utilização na produção de biscoitos*. Universidade Federal de Campina Grande.
- Rodríguez, E., Steffolani, M. E., Martínez, C. S., & León, A. E. (2014). Effects of spirulina biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 58(1), 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.054>
- Rolis, R. (2022). *Desarrollo de un pan croissant a base de harina de quinua y amaranto utilizando un mejorador comercial*. Universidad Agraria del Ecuador.
- Romo, S., Rosero, A., Clara, F., & Ceron, E. (2006). Nutritional potencial of quinua flour (*Chenopodium quinoa*) piartal variety in colombian andes. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Vol 4*, 113–125.
- RStudios. (2021). RStudio. In *Data Analysis with RStudio* (Version 4.1; pp. 1–12).
- Şahin, O. I. (2020). Functional and sensorial properties of cookies enriched with

- SPIRULINA and DUNALIELLA biomass. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3639–3646. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04396-4>
- Santos, T., Freitas, B., Moreira, J., Zanfonato, K., & Costa, J. (2016). Development of powdered food with the addition of Spirulina for food supplementation of the elderly population. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 216–220. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.016>
- Sayas-Barberá, E., Navarro, C., Fern, J., Haros, C. M., P, Á., & Viuda-martos, M. (2021). Effect of different black quinoa fractions (seed, flour and wet-milling coproducts) upon quality of meat patties during freezing storage. *Foods*, 10(1), 2–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10123080>
- Sebess, P. A. (2014). Cálculos para la elaboración de pan. In *Técnicas De Panadería Profesional* (1 ed, pp. 53–56). Maudi Sabess colección.
- Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani, K., & Sohrabvandi, S. (2015). Fortification of Iranian Traditional Cookies with Spirulina platensis. *Annual Research & Review in Biology*, 7(3), 144–154. <https://doi.org/10.9734/arrb/2015/13492>
- Silva, B. (2017). *Bolacha adicionada com Spirulina platensis: avaliação físico-química, microbiológica e sensorial*. Universidade Federal de Campina Grande.
- Souzankar, R., Chaichi-Nosrati, A., & Movahhed, S. (2019). Enrichment of Coated Wafers by Addition of Micro Algae Arthrospira (Spirulina) Platensis Powder. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(2), 51–60.
- Statgraphics. (2022). *Statgraphics Centurion 19* (16.1.03). <https://www.statgraphics.com/>
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S. E., & Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010>
- Stone, H., & Sidel, J. (1973). *Sensory evaluation practices* (3 ed). Elsevier Academic Press.
- A
- Tafur, I., & Obregón, E. (2019). *Gomitas funcionales de cushuro (Nostoc commune) enriquecida con aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis) y spirulina (Arthrospira*

- platensis*), con sabor a frutas. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Tarazona, P. (2018). *La Espirulina una Oportunidad Como Alimento Funcional*. <http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/8816>
- Teixeira, A., & Shoemaker, C. (1989). Process Optimization. In *Computerized food processing operations* (1 ed, pp. 169–172). An AVI Book.
- Thimoteo, D., Assuncao, R., Ribeiro, R., Olveira, L. de L., & Stedefeldt, E. (2013). Métodos para aplicar las pruebas de aceptación para la alimentación escolar : validación de la tarjeta lúdica Methods for applying the tests of acceptability for school feeding : the validation of playful cards. *Rev Chil Nutr*, *40*(4), 357–363.
- Tiga, B., Kumcuoglu, S., Vatansever, M., & Tavman, S. (2021). Thermal and pasting properties of Quinoa—Wheat flour blends and their effects on production of extruded instant noodles. *Journal of Cereal Science*, *97*, 103120. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103120>
- Tirado, D. F., Montero, P. M., & Acevedo, D. (2015). Estudio comparativo de métodos empleados para la determinación de humedad de varias matrices alimentarias. *Informacion Tecnologica*, *26*(2), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200002>
- Torricella, R., Zamoraa, E., & Pulido, H. (2007). Pruebas sensoriales. In *Evaluacion Sensorial Aplicada a la investigacion, desarrollo y control de la calidad en la Industria Alimentaria* (1 ed, pp. 57–58). Editorial Universitaria.
- Uribe-Wandurraga, Z. N., Igual, M., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2019). Effect of microalgae addition on mineral content, colour and mechanical properties of breadsticks. *Food and Function*, *10*(8), 4685–4692. <https://doi.org/10.1039/c9fo00286c>
- Uribe, Z., Martinez, J., & Garcia, P. (2020). *Microalgae as novel ingredients for thr formulation of Food Products* (1 ed). CUINA.
- Valdivia, T. (2019). *Efecto del consumo de galletas con base a Cultivos Andinos sobre indicadores Bioquímicos y Crecimiento en ratas Wistar recién destetados Puno 2018* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14697?>

- Vargas, P., Arteaga, R., & Cruz, L. (2019). Análisis Bibliográfico Sobre El Potencial Nutricional De La Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) Como Alimento Funcional. *Revista Centro Azúcar*, 46, 89–100. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n4/2223-4861-caz-46-04-89.pdf>
- Vásquez, F., Verdú, S., Islas, A., Barat, J., & Grau, R. (2016). Efecto de la sustitucion de harina de trigo con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reologicas de la masa y texturales del pan. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2), 307–317. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81349041018>
- Veena, U. K., Shobha, D., Joshi, N., Darshan, M. B., & Benherlal, P. S. (2022). Spirulina enriched gluten free quality protein maize (QPM) pasta as functional food. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 34(4), 279–288. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2022.v34.i4.2853>
- Villalobos-Gutiérrez, M., & Hernández-Pérez, W. (2019). Spirulina para prevenir deficiencia de hierro : estudio de aceptabilidad en prescolares y escolares , San José, 2017. *Rev Hisp Cienc Salud.*, 5(1), 17–24.
- Vonshak, A. (2002). *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and biotechnology* (3 ed).
- Xu, X., Luo, Z., Yang, Q., Xiao, Z., & Lu, X. (2019). Effect of quinoa flour on baking performance, antioxidant properties and digestibility of wheat bread. *Food Chemistry*, 294, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.037>
- Zanganeh, N., Barzegar, H., Alizadeh, N., & Mehrinia, M. (2020). Investigation of the effect of different Spirulina platensis levels on nutritional, physicochemical and sensory properties of sponge cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(2), 207–220. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v16i2.81859>
- Zea, C. (2010). Determinación biológica de la calidad proteica en harina de Quinoa extruida de la variedad negra collana. In *Universidad Nacional del Altiplano*. Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
- Zlateva, D., Petrona, M., & Stefanova, D. (2019). Influence of Spirulina Platensis on the content of iron and zinc in wheat bread. *Food Science and Applied Biotechnology*, 2(2), 24–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.30721/fsab2019.v2.i2.55>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico para el segundo objetivo – según Rstudio

```
> modelo=lm(HIERRO~f_tratamiento)
> summary(modelo)
```

```
Call:
lm(formula = HIERRO ~ f_tratamiento)
```

```
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q    Max
-0.42667 -0.25667 -0.01667  0.13333  0.73333
```

```
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)         24.4967    0.2304  106.34 4.66e-11 ***
f_tratamientoQUEQUE_T1  9.6500    0.3258   29.62 9.82e-08 ***
f_tratamientoQUEQUE_T6  4.9100    0.3258   15.07 5.38e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.399 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9932,    Adjusted R-squared:  0.9909
F-statistic: 438.8 on 2 and 6 DF, p-value: 3.132e-07
```

```
> summary(modelo)
```

```
Call:
lm(formula = HIERRO ~ f_tratamiento)
```

```
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q    Max
-0.42667 -0.25667 -0.01667  0.13333  0.73333
```

```
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)         24.4967    0.2304  106.34 4.66e-11 ***
f_tratamientoQUEQUE_T1  9.6500    0.3258   29.62 9.82e-08 ***
f_tratamientoQUEQUE_T6  4.9100    0.3258   15.07 5.38e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.399 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9932,    Adjusted R-squared:  0.9909
F-statistic: 438.8 on 2 and 6 DF, p-value: 3.132e-07
```

```
> anova=aov(modelo)
> summary(anova)
```

```
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
f_tratamiento 2   139.70   69.85   438.8 3.13e-07 ***
```

```
Residuals      6      0.96  0.16
```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
> prueba_rango_multiple=duncan.test(y=HIERRO,trt = f_tratamiento,DFerror = 6, MSerror =0.094)
```

```
> print(prueba_rango_multiple)
```

```
$statistics
```

```
MSerror Df Mean  CV
0.094  6 29.35 1.044614
```

```
$parameters
```

```
test  name.t  ntr alpha
Duncan f_tratamiento  3 0.05
```

```
$duncan
```

```
Table CriticalRange
2 3.460456  0.612543
3 3.586498  0.634854
```

```
$means
```

```
          HIERRO  std  r  Min  Max  Q25  Q50  Q75
QUEQUE_T0 24.49667 0.6379133 3 24.07 25.23 24.13 24.19 24.710
QUEQUE_T1 34.14667 0.1457166 3 34.01 34.30 34.07 34.13 34.215
QUEQUE_T6 29.40667 0.2223361 3 29.15 29.54 29.34 29.53 29.535
```

```
$comparison
```

```
NULL
```

```
$groups
```

```
          HIERRO groups
QUEQUE_T1 34.14667  a
QUEQUE_T6 29.40667  b
QUEQUE_T0 24.49667  c
```

```
attr("class")
```

```
[1] "group"
```

```
> plot(prueba_rango_multiple)
```

```
> #-----Análisis Residual-----
```

```
> prueba_normalidad=shapiro.test(resid(modelo))
```

```
> print(prueba_normalidad)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: resid(modelo)
```

```
W = 0.91333, p-value = 0.3399
```

```
> prueba_homocedasticidad=bartlett.test(resid(modelo)~TRATAMIENTO,data = datos)
```

```
> print(prueba_homocedasticidad)
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: resid(modelo) by TRATAMIENTO
```

```
Bartlett's K-squared = 3.6747, df = 2, p-value = 0.1592
```

Anexo 2. Tabla de valores críticos de Chi Cuadrada, bajo la probabilidad de que $H_0 \geq X^2$

Grados de libertad	Nivel de significancia					
	0.20	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.64	2.71	3.84	5.02	6.63	7.83
2	3.22	4.61	5.99	7.38	9.21	10.6
3	4.64	6.25	7.81	9.35	11.3	12.8
4	5.99	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9
5	7.29	9.24	11.1	12.8	15.1	16.7
6	8.56	10.6	12.6	14.4	16.8	18.5
7	9.8	12.0	14.1	16.0	18.5	20.3
8	11.03	13.4	15.5	17.5	20.1	22.0
9	12.24	14.7	16.9	19.0	21.7	23.6
10	13.44	16.0	18.3	20.5	23.2	25.2
11	14.63	17.3	19.7	21.9	24.7	26.8
12	15.81	18.5	21.0	23.3	26.2	28.3
13	16.98	19.8	22.4	24.7	27.7	29.8
14	18.15	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3
15	19.31	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8
16	20.46	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3
17	21.62	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7
18	22.76	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2
19	23.9	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6
20	25.04	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0
21	26.17	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4
22	27.3	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8
23	28.43	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2
24	29.55	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6
25	30.68	34.4	37.7	40.6	44.3	46.5
26	31.8	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3
27	32.91	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6
28	34.03	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0
29	35.14	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3
30	36.25	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7

Ref: Witting de Penna E. Evaluación Sensorial, Una metodología actual para la tecnología de alimentos. Biblioteca digital de la Universidad de Chile, 2001.

Lawless HT, Heymann H. Sensory evaluation of food. Principles and practices. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, London, Dordrecht, Boston, 1998.

Anexo 3. Panel Fotografías de la investigación



Figura 34: Determinación de ceniza de la materia prima, harina de quinua negra y spirulina



Figura 35: Preparación y horneado de queques



Figura 36: Tratamiento de queques elaborados

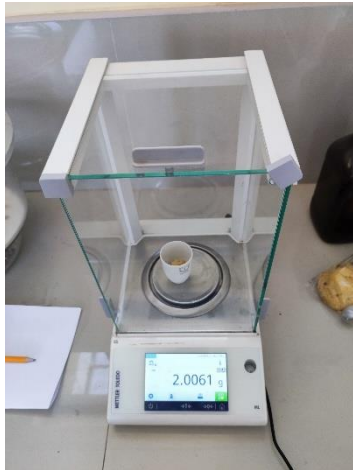


Figura 37: Determinación de cenizas



Figura 38: Determinación de acidez expresado en ácido láctico de los queques



Figura 39: Preparación de muestras y reactivos para el determinar peróxido



Figura 40: Determinación de peróxido de los queques

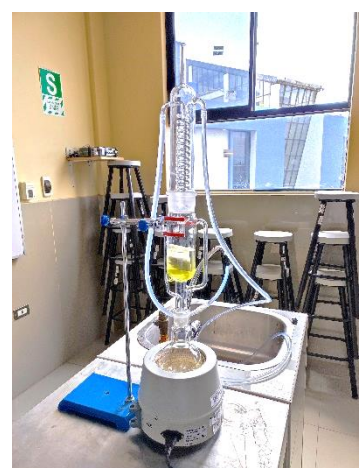
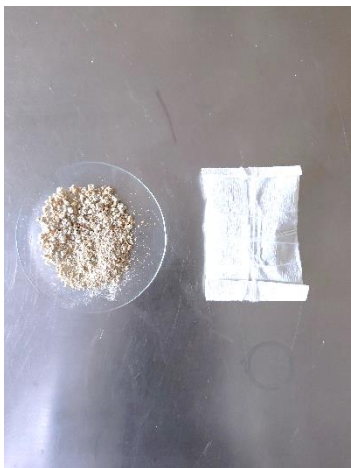


Figura 41: Determinación de grasa por el método Soxhlet



Figura 42: Preparación de caldos de cultivo para el análisis microbiológico



Figura 43: Verificación de colonias de hongos



Figura 44: Tratamientos de queques, productos finales para análisis fisicoquímicos, T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13

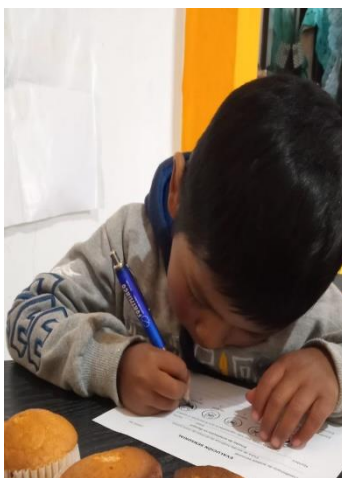


Figura 45: Análisis sensorial del queque aplicado en niños

Anexo 4. Datos obtenidos del análisis sensorial - aceptabilidad

JUECES	T0	T1	T6	TM	JUECES	T0	T1	T6	TM
J1	4	3	4	4	J51	4	4	5	5
J2	5	3	5	4	J52	4	3	5	4
J3	3	5	5	3	J53	5	4	4	5
J4	4	1	3	3	J54	5	4	3	4
J5	4	4	3	3	J55	4	4	3	4
J6	4	1	3	4	J56	5	5	5	5
J7	1	4	4	4	J57	5	4	5	5
J8	5	1	2	3	J58	5	4	4	4
J9	4	3	3	4	J59	4	4	3	4
J10	4	5	2	3	J60	4	2	4	3
J11	5	4	4	4	J61	4	3	3	4
J12	5	5	5	4	J62	4	4	4	3
J13	4	3	3	4	J63	4	4	3	3
J14	5	4	5	3	J64	5	5	4	4
J15	4	3	4	4	J65	4	4	3	3
J16	5	4	3	3	J66	4	2	1	2
J17	3	3	4	2	J67	4	5	3	4
J18	5	1	2	3	J68	4	4	4	4
J19	5	4	5	4	J69	4	4	3	3
J20	1	2	2	2	J70	5	3	3	3
J21	3	4	3	4	J71	4	5	4	4
J22	1	1	2	1	J72	5	5	5	4
J23	5	4	3	3	J73	5	4	3	3
J24	5	4	4	4	J74	5	5	5	3
J25	3	4	3	4	J75	5	5	4	4
J26	5	4	5	4	J76	5	5	5	3
J27	4	5	4	4	J77	5	4	3	3
J28	4	4	3	3	J78	4	3	3	2
J29	4	4	4	3	J79	5	4	3	3
J30	5	4	2	3	J80	5	4	5	4
J31	5	4	5	1	J81	5	5	4	3
J32	5	5	4	3	J82	4	5	4	4
J33	5	3	4	3	J83	5	4	4	3
J34	3	4	2	2	J84	4	4	3	4
J35	5	4	3	3	J85	4	5	3	2
J36	5	4	4	4	J86	1	5	5	3

<<continuación>>

J37	4	4	2	4	J87	5	4	4	3
J38	5	4	5	4	J88	5	1	5	4
J39	5	4	3	4	J89	5	3	4	3
J40	4	4	4	4	J90	5	4	1	1
J41	5	4	3	4	J91	4	5	3	4
J42	5	4	2	5	J92	5	4	3	3
J43	5	5	4	4	J93	5	4	4	3
J44	4	4	4	4	J94	4	5	3	3
J45	4	5	4	4	J95	4	5	3	5
J46	4	4	5	4	J96	4	4	3	4
J47	4	5	4	3	J97	4	4	2	3
J48	5	4	5	4	J98	5	4	4	3
J49	5	4	5	5	J99	5	5	4	3
J50	5	4	4	4	J100	4	4	3	1

Nota: 1 = Odié, 2 = No me gustó, 3 = indiferente, 4 = Me gusto, 5 Me encantó.

Anexo 5. Formula panadera – porcentaje panadero

Cálculo del porcentaje de insumos (%):

$$\% I = \frac{PI}{PM}$$

Donde:

% I: Porcentaje de ingredientes

PI: Peso del ingrediente

PM: Peso de masa

Cálculo de la relación peso de masa / harina (RPMH):

$$RPMH = \%I1 + \%I2 + \%I3 \dots + \%In$$

(Sumar cada porcentaje de ingredientes, incluyendo el de la harina que es 100 % para todos los panes).

Donde:

RPMH: Relación peso de masa / harina

Cálculo del peso de masa objetivo (PMO):

$$PMO = CU * PU$$

Donde:

PMO: Peso de masa objetivo

CU: Cantidad de unidades

PU: Peso de la unidad

Cálculo del peso de la harina (PH):

$$PH = \frac{PMO}{RPMH}$$

PH: Peso de la harina

PMO: Peso de masa objetivo

RPMH: Relación peso de masa / harina

Cálculo del peso de los ingredientes (PI):

$$PI = PH * \%I$$

(Peso de la harina por el porcentaje individual de cada ingrediente)

PI: Peso del ingrediente

PH: Peso de la harina

%I: Porcentaje de ingredientes

Anexo 6. Resultado obtenido del análisis de proteína para Spirulina (*Arthrospira platensis*)



INFORME DE ENSAYOS N° 6951 - 2021
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HARINA DE SPIRULINA No especificada.	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	62.84	%

ABREVIATURAS:

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25) : Metodo Kjeldahl para la determinacion de proteina en alimentos

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 03/12/2021 al 11/12/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 13/12/2021



[Signature]

Bgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

**Anexo 7. Resultado obtenido del análisis de proteína para harina de Quinua INIA 420
-Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Willd.).**



**INFORME DE ENSAYOS Nº 6950- 2021
PÁGINA 2 DE 2**

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA No especificada.	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	12.97	%

ABREVIATURAS:

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25) : Metodo Kjeldahl para la determinacion de proteina en alimentos

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 03/12/2021 al 11/12/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 13/12/2021



[Signature]
Ing. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 8. Resultado obtenido del % de proteína T0



INFORME DE ENSAYOS N° 6378-2021-1

REEMPLAZA AL INFORME DE ENSAYOS N° 6378-2021 FECHA EMISIÓN (23/11/2021)

PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T0) Queque T0-1	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	7.02	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25)

BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T0) Queque T0-2	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	7.01	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25)

BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T0) Queque T0-3	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	7.02	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25)

BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 12/11/2021 al 22/11/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :

DETALLE DE CAMBIOS:

A solicitud del cliente se realiza cambio en el ítem Producto Declarado, dice: QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T4), debe decir: QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T0)


Bigo Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 9. Resultado obtenido del % de proteína T1



INFORME DE ENSAYOS N° 6375- 2021 PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T1) Queque T1-1	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	8.74	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25) : BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T1) Queque T1-2	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	8.70	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25) : BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T1) Queque T1-3	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	8.72	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25) : BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 12/11/2021 al 22/11/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 23/11/2021



Ing. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 10. Resultado obtenido del % de proteína T6



INFORME DE ENSAYOS Nº 6374-2021-1

REEMPLAZA AL INFORME DE ENSAYOS Nº 6374 - 2021 FECHA EMISIÓN (23/11/2021)

PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T6) Queque T6-1	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	8.56	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25)

BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T6) Queque T6-2	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	8.55	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25)

BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T6) Queque T6-3	UNIDADES
FQ	Proteína (F=6.25)	8.58	%

ABREVIATURAS :

% : Expresado en porcentaje

MÉTODOS UTILIZADOS :

Proteína (F=6.25)

BHIOS-FQ-010. Determinación de Proteína en Cereales, Leguminosas, Alimentos y Piensos. Validado para Enriquecido Lácteo, Papilla, Mezcla Fortificada, Alimento Balanceado, Cereales y Leguminosas. Versión 07-2020.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 12/11/2021 al 22/11/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :

DETALLE DE CAMBIOS:

A solicitud del cliente se realiza cambio en el ítem Producto Declarado, dice: QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T0), debe decir: QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T6)



Miguel Valdivia Martínez
Bgo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 11. Resultado obtenido del % de hierro T0



INFORME DE ENSAYOS N° 6952- 2021 PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T0)	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	QUEQUE T0 - 1 24.65	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Fe : BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T0)	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	QUEQUE T0 - 2 23.92	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Fe : BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T0)	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	QUEQUE T0 - 3 24.95	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Fe : BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 03/12/2021 al 14/12/2021
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 15/12/2021



[Firma]
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 12. Resultado obtenido del % de hierro T1



INFORME DE ENSAYOS N° 6954- 2021 PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T1) QUEQUE T1 - 1	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	34.13	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Fe : BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T1) QUEQUE T1 - 2	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	34.01	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Fe : BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T1) QUEQUE T1 - 3	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	34.30	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Fe : BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 03/12/2021 al 14/12/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2021



[Signature]
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 13. Resultado obtenido del % de hierro T6



INFORME DE ENSAYOS N° 6953 - 2021 PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T6) QUEQUE T6 - 1	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	29.15	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Fe

: BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T6) QUEQUE T6 - 2	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	29.53	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Fe

: BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	QUEQUE A BASE DE HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA Y SPIRULINA (T6) QUEQUE T6 - 3	UNIDADES
FQ	Elemento Fe	29.54	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Fe

: BHIOS-FQ-019. Determinación de Sodio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Potasio en Alimentos por Absorción Atómica. Versión 01-2008.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 03/12/2021 al 14/12/2021
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2021



Miguel Valdivia Martínez
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 14. Resultado de porcentaje de proteína – Replicas

Tratamiento	Replica1	Replica 2	Replica 3	Media
T0	7.02	7.01	7.02	7.02 ± 0.01
T1	8.74	8.70	8.72	8.72 ± 0.02
T2	8.05	8.02	8.02	8.03 ± 0.01
T3	8.26	8.25	8.31	8.27 ± 0.03
T4	8.42	8.53	8.53	8.49 ± 0.06
T5	8.42	8.39	8.43	8.41 ± 0.02
T6	8.56	8.55	8.58	8.57 ± 0.01
T7	8.31	8.32	8.31	8.31 ± 0.02
T8	8.04	8.04	8.04	8.04 ± 0.01
T9	8.41	8.49	8.42	8.44 ± 0.04
T10	8.46	8.46	8.42	8.45 ± 0.02
T11	8.46	8.45	8.42	8.44 ± 0.02
T12	8.42	8.46	8.42	8.43 ± 0.02
T13	8.45	8.46	8.43	8.45 ± 0.01

FUENTE: BHIOS (2021)

Anexo 15. Determinación de proteína

Se realiza por tres etapas primero “Digestión”, se pesa 1 gr de muestra triturada y se introduce al tubo de digestión junto con una muestra de catalizador Kjeldahl y 10 ml de ácido sulfúrico al 95 – 98 %, seguido se realiza la digestión a una temperatura de 400 °C por 30 min pasado el tiempo se deja enfriar y se dosifica 50 ml de agua destilada en cada tubo. Segundo “Neutralización y Destilación” Añadir 25 ml de ácido Bórico en un matraz Erlenmeyer de 250 ml y agregar 2 gotas de indicador mixto, se debe colocar el Erlenmeyer en el refrigerante teniendo la precaución de que esta quede sumergida dentro de la disolución de ácido bórico. Se debe colocar un tubo con la muestra en el lado izquierdo del destilador, una vez colocado el tubo de la muestra y el Erlenmeyer con el ácido Bórico, luego dosificar 40 ml de NaOH e iniciar la destilación. La destilación se debe prolongar el tiempo suficiente para que se destilen un mínimo de 150 ml, aproximadamente de 5 a 10 minutos. Tercero “Valoración” Valorar con ácido clorhídrico 0.31 N el destilado obtenido, hasta que la solución cambie de color de verde a violeta.

Calcular el % de proteína aplicado las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{1.4 * (V_1 - V_0) * N}{P}$$

$$\% \text{ Proteina} = \% \text{ Nitrogeno} * F$$

Donde:

P = Peso en gr de la muestra

V₁ = Volumen de HCl consumido en la valoración (mL)

N = Normalidad del HCl

V₀ = Volumen de HCl consumido en la valoración de un blanco (mL)

F = Factor de conversión para pasar de contenido en nitrógeno a contenido en proteínas

FUENTE: A.O.A.C. (1990)

Anexo 16. Determinación de humedad:

Se pesa la placa dentro del equipo para luego tararla, se pesa 5 g de muestra en la placa del equipo, y se procede a cerrar la tapa de espera que el proceso se termine y se pesa la muestra.

La muestra comenzará a perder humedad, después de pasado un tiempo de 10 a 20 minutos, deberá tomarse la lectura y se mantiene estable durante 2 minutos se registrará como porcentaje total de humedad.

FUENTE: Tirado *et al.* (2015)

Anexo 17. Determinación de ceniza

Se calienta el crisol para posteriormente pesarlo, luego se toma nota del peso y se tara, seguidamente se pesa 2 gramos de muestra. Se introduce las cápsulas con las muestras en la mufla, se gradúa la temperatura a 600 °C por dos horas. Al término del tiempo, se apaga la mufla y se deja enfriar por 15 minutos en un desecador, posteriormente se pesan las cápsulas ya frías y se toma nota de los pesos.

$$\% = \frac{(P - p) * 100}{M}$$

Donde:

P = Peso del crisol con las cenizas.

p = Peso del crisol vacío.

M = Peso de la muestra.

FUENTE: AOAC (1990)

Anexo 18. Determinación de acidez

Se prepara 10 g de muestra de queque y se agrega 100 cm³ de agua destilada hervida y fría, se mezcla bien agitando eventualmente cada 10 min durante 1 h, seguido se filtra a través del papel filtro sobre un matraz aforado de 200 cm³, luego se toma una alícuota de 20 cm³ del filtrado y se lleva a un Erlenmeyer. Se agrega 5 gotas de fenolftaleína y se titula con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N.

La acidez como porcentaje de ácido láctico es igual a:

$$H = \frac{V * N * 0,090 * 100}{m} * \frac{200}{20}$$

Donde:

- H = Porcentaje de ácido láctico.
 V = Volumen de la solución de hidróxido de sodio, gastado en cm³.
 N = Normal del álcali.
 0.090 = Miliequivalente del ácido láctico.
 M = Masa de la muestra en gramos.
 20 = Alícuota.

FUENTE: INACAL (2005)

Anexo 19. Determinación de peróxido

Se tara el Erlenmeyer, en un vaso de 100 cm³ se coloca una masa equivalente a 10 g de la muestra preparada, se agrega éter de petróleo y se agita con una varilla durante 3 minutos aproximadamente, se filtra sobre papel filtro en el Erlenmeyer tarado, se vapora el éter a temperatura ambiente y en lugar ventilado, se determina la masa del Erlenmeyer con la grasa que ha quedado y se anota la masa de la grasa depositada, se añade 30 cm³ de solución acética cloroformo y se agita hasta la disolución de la grasa, se añade 0.5 cm³ de solución la solución saturada de ioduro de potasio con pipeta, se añade 30 cm³ de agua destilada y luego se agita, se titula con la solución 0.01 N tiosulfato de sodio hasta color amarillo, se añade 0.5 cm³ solución indicadora de almidón y se continúa la valoración hasta desaparición de color azul de almidón.

$$me = \frac{(A - a)N}{m} 1000$$

Donde:

- me = Miliequivalente por kilogramo de grasa (me/kg).
 A = Volumen de tiosulfato gastado, para titular la muestra, en cm³.
 A = Volumen de tiosulfato gastado, para titular el blanco, en cm³.
 N = Normalidad del tiosulfato
 M = Masa de la muestra, en gramos.

FUENTE: INACAL (2016)

Anexo 20. Determinación de grasa

Se prepara cartuchos de papel filtro y se pesa, luego se pesa junto con la muestra. De la diferencia de pesos se obtiene el “peso de la muestra (m)”. Con la estufa, se seca el matraz para luego pesarlo en la balanza, obteniendo como resultado la “tara del matraz solo (m1)”, adaptar el matraz al cuerpo extractor, colocar en el extractor el papel filtro con la muestra, añadir el solvente (éter de petróleo) en el extractor, con la estufa a 40 °C, calentar el solvente hasta su punto de ebullición. Se retira el papel filtro con la muestra en él, se evapora el solvente y se obtiene el peso del matraz con grasa (m2). Finalmente, se calcula el porcentaje de grasa.

$$\% \text{ grasa} = \frac{m2 - m1}{m} * 100$$

Donde:

m = Peso de la muestra.

m1 = Tara del matraz solo.

m2 = Peso matraz con grasa.

FUENTE: A.O.A.C (1990)

Anexo 21. Determinación de fibra

Digestión ácida, digestión básica y secado. Para realizar la etapa de la digestión ácida se pesa 4 g de muestra transferida a un beaker de 600 ml junto con 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % y posteriormente colocar en el aparato de digestión hasta ebullición durante treinta minutos, luego se filtra tres veces con agua destilada caliente. Para la digestión básica la muestra filtrada se transfiere al beaker de 600 ml con 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25 % y es colocada en el aparato de digestión hasta ebullición por treinta minutos, luego se filtró tres veces con agua destilada caliente y una cuarta vez con 25 ml de alcohol. Para la etapa de secado la muestra filtrada se coloca en el horno por un periodo de treinta minutos a una temperatura de 100 °C, se enfría y luego se pesa. Para la determinación del porcentaje de fibra bruta se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de fibra} = \frac{\text{Peso seco con muestra de fibra} - \text{peso de muestra de ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

FUENTE: FAO (1997)

Anexo 22. Carbohidratos solubles

Por diferencia MS-INN Collazos (1993). Se determina a partir del porcentaje remanente de la cuantificación de los principales componentes del alimento (humedad, cenizas, lípidos y proteínas)

Carbohidratos solubles totales (g)

$$= 100 - (\text{proteína} + \text{grasa} + \text{agua} + \text{ceniza} + \text{alcohol})$$

FUENTE: Reyes *et al.* (2017)

Anexo 23. Análisis microbiológico – Moho

Mediante la técnica de recuento en placa. Este método solo se puede aplicar en productos con actividad de agua ≤ 0.95 , tal es el caso del queque, lo cual consiste en hacer la siembra de una alícuota de la muestra de queque en la superficie de la placa con un medio de cultivo específico para moho.

Luego, la placa cultivada es incubada a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 5 a 7 días. Pasado el tiempo, se realiza el conteo de las colonias desarrolladas, levaduras y mohos por separado, expresado en g/ml de muestra

Para la tinción de hongos se prepara los frotis bacteriano indicados, teñir con verde malaquita con unas pinzas de madera colocar la muestra encima de la llama del mechero de forma que el colorante humee durante 5 min, se lava con abundante agua el exceso de colorante, seguido se tiñe con safranina 1 min lavar con abundante agua el exceso de colorante, se seca la preparación y se observa la preparación al microscopio.

FUENTE: Prado *et al.* (2013); Ramos *et al.* (2012)

Anexo 24. Cartilla de evaluación sensorial de escala hedónica de cinco puntos

Cuestionario de análisis sensorial

Ficha de escala hedónica facial mixta de cinco puntos

Prueba de aceptación

Nombre: _____ Año _____ Fecha: _____

Señala la carita que más representa lo que te pareció el queque.



Odié

1



No me gustó

2



Indiferente

3



Me gustó

4



Me encantó

5

FUENTE: Espinosa (2007)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

UNW