

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales
del fideo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*
Wild) y de chía (*Salvia hispanica* L.)”**

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:
Bach. Anibal Prado Condori

ASESOR
Ing. Jorge Adalberto Málaga Juárez

AYACUCHO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A DIOS fuente de vida y sabiduría

A mi madre Junta Condori Sulca quien me ha formado con buenos sentimientos, hábitos y valores, los cuales me ayudaron a seguir adelante en los momentos difíciles

A mi esposa e hijos quienes han sido mi mayor motivación para no rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para la sociedad futura.

AGRADECIMIENTO

- *A mi tricentenaria Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis profesores de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de manera importante a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su desempeño e incansable esfuerzo que me brindaron durante mis estudios.*

- *Al Ing° Jorge A. Málaga Juárez asesor de la tesis por su apoyo invaluable para la culminación de este trabajo.*

- *A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.*

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue utilizar harinas de quinua (HQ) con 74%-94% y de chía (HCh) con 5%-25% para obtener fideos sin gluten. Se diseñaron 11 tratamientos utilizando un diseño factorial completo 2^2 siguiendo un Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR). Se evaluaron las características fisicoquímicas (humedad, acidez, proteína, fibra bruta y textura) y sensoriales del producto terminado utilizando una escala hedónica de 9 puntos con 30 panelistas. Los resultados se analizaron mediante la metodología de superficie de respuesta (MSR) indicando que el contenido de humedad, mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) encontrándose valores menores a 10% cuando se utilizó 84% a 91% (HQ) y 5% a 8% (HCh); la acidez no mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) obteniéndose valores entre 0,14 a 0,21%; los valores de proteína (12,25% a 14,25%), fibra bruta (11,5% a 12,5%) y dureza (0,0575 a 0,0675) mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) cuando se utilizaron 84% a 91% (HQ) y 5% a 8% (HCh). Se optimizó los atributos sensoriales por parte de los panelistas cuyos valores promedio de color (7,09) aroma (7,47), sabor (7,42), apariencia general (7,33) es cuando se utilizó 91%(HQ) y 8%(HCh) valores que de acuerdo a escala hedónica corresponde entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”. Para valores de textura (6,81) cuando se utilizó 91%(HQ) y 8%(HCh) valores que expresan entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”. La evaluación sensorial del fideo sin gluten mostró aceptabilidad que según la escala hedónica de 7 puntos corresponde a “me gusta moderadamente”.

Palabras clave: Fideo sin gluten, metodología de superficie de respuesta, harina de quinua, harina de chía.

ABSTRACT

The purpose of this research was to use quinoa flour (HQ) with 74%-94% and chia (HCh) with 5%-25% to obtain gluten-free noodles. Eleven treatments were designed using a complete factorial design 2^2 following a Rotational Composite Central Design (DCCR). Physicochemical (moisture, acidity, protein, crude fiber and texture) and sensory characteristics of the finished product were evaluated using a 9-point hedonic scale with thirty panelists. The results were analyzed using response surface methodology (MSR) indicating that the moisture content showed significant statistical differences ($p < 0.05$), finding values less than 10% when 84 to 91% (HQ) and 5 to 5 were used. 8%(HCh); acidity did not show significant statistical differences ($p < 0.05$), obtaining values between 0.14 and 0.21%; the values of protein (12.25% to 14.25%), crude fiber (11.5% to 12.5%) and hardness (0.0575 to 0.675) showed significant statistical differences ($p < 0.05$) when used 84% to 91%(HQ) and 5% to 8%(HCh). The values of color (7.09), aroma (7.47), flavor (7.42), general appearance (7.33) were optimized by the panelists when 91% (HQ) and 8% (HCh) were used.) values that, according to the hedonic scale, correspond between "I like it little" and "I like it moderately". For texture values (6.81) when 91%(HQ) and 8%(HCh) were used, values that correspond between "I like it moderately" and "I like it a lot". The sensory evaluation of the gluten-free noodle showed acceptability on the 7-point hedonic scale corresponding to "I like it moderately".

Key words: Gluten-free noodle, response surface methodology, quinoa flour, chia flour.

ÍNDICE

INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.4 Hipótesis	3
1.5 Justificación	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes	6
2.2 La Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	7
2.1.1 Generalidades	7
2.1.2 Taxonomía	8
2.1.3 Variedades de quinua	8
2.1.4 Composición química de la quinua	9
2.1.5 Ecotipos de la quinua	10
2.1.6 Harina de quinua	11
2.2 La chía (<i>Salvia hispanica</i> L.)	11
2.2.1 Generalidades	11
2.2.2 Composición química	12
2.2.3 Harina de semilla de chía	13
2.3 Pastas alimenticias	13
2.3.1 Clasificación de las pastas alimenticias	15
2.3.2 Valor nutricional de las pastas alimenticias	16
2.3.3 Materia prima e ingredientes básicos en la elaboración de pastas alimenticias	16
2.3.4 Equipos y maquinarias en la elaboración de pastas alimenticias	19
2.3.5 Calidad de pastas alimenticias	22
2.3.6 Factores que alteran la calidad de las pastas alimenticias	23
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Materiales	25
3.1.1 Materia prima y otros	25
3.1.2 Reactivos	25
3.1.3 Materiales de laboratorio	25
3.2 Equipos e instrumentos	25

3.3	Métodos de análisis fisicoquímicos	26
3.3.1	Análisis fisicoquímico de la materia prima y producto final	26
3.4	Diseño experimental	27
3.4.1	Elaboración de fideos sin gluten a base de harinas de quinua y chía	27
3.5	Evaluación estadística	29
3.6	Evaluación sensorial	30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Caracterización de la materia prima	
4.2	Caracterización fisicoquímica de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía	32
4.2.1	Evaluación estadística de la humedad de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía	32
4.2.2	Evaluación estadística de la acidez de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía	35
4.2.3	Evaluación estadística de la proteína de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía	38
4.2.4	Evaluación estadística de fibra bruta de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía	41
4.2.5	Evaluación estadística de la dureza de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía	44
4.3	Caracterización sensorial de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía	48
4.3.1	Evaluación estadística del atributo color	49
4.3.2	Evaluación estadística del atributo aroma	52
4.3.3	Evaluación estadística del atributo textura	55
4.3.4	Evaluación estadística del atributo sabor	58
4.3.5	Evaluación estadística del atributo apariencia general	61
4.4	Determinación del tiempo de cocción del fideo sin gluten	66
V	CONCLUSIONES	67
VI	RECOMENDACIONES	68
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>El grano de quinua (Chenopodium quinoa Wild)</i>	7
Figura 2	<i>Amasadora-Mezcladora tipo doble Z</i>	19
Figura 3	<i>Máquina laminadora</i>	20
Figura 4	<i>Máquinas extrusoras</i>	20
Figura 5	<i>Máquinas cortadoras</i>	21
Figura 6	<i>Secador de bandejas</i>	21
Figura 7	<i>Máquinas envasadoras</i>	22
Figura 8	<i>Diagrama de flujo para elaborar fideos a base de harinas de quinua y chía</i>	28
Figura 9	<i>Diagrama de Pareto para la variable humedad del fideo sin gluten</i>	34
Figura 10	<i>Superficie de respuesta de la variable humedad del fideo sin gluten</i>	35
Figura 11	<i>Diagrama de Pareto para la variable acidez del fideo sin gluten</i>	37
Figura 12	<i>Diagrama de Pareto para la variable proteína del fideo sin gluten</i>	40
Figura 13	<i>Superficie de respuesta de la variable proteína del fideo sin gluten</i>	41
Figura 14	<i>Diagrama de Pareto para la variable fibra bruta del fideo sin gluten</i>	43
Figura 15	<i>Superficie de respuesta de la variable fibra bruta del fideo sin gluten</i>	44
Figura 16	<i>Diagrama de Pareto para la variable dureza del fideo sin gluten</i>	46
Figura 17	<i>Superficie de respuesta de la variable dureza del fideo sin gluten</i>	47
Figura 18	<i>Diagrama de Pareto para la variable color del fideo sin gluten</i>	50
Figura 19	<i>Superficie de respuesta de la variable color del fideo sin gluten</i>	51
Figura 20	<i>Diagrama de Pareto para la variable aroma del fideo sin gluten</i>	53
Figura 21	<i>Superficie de respuesta de la variable aroma del fideo sin gluten</i>	54
Figura 22	<i>Diagrama de Pareto para la variable textura del fideo sin gluten</i>	56

Figura 23	<i>Superficie de respuesta de la variable textura del fideo sin gluten</i>	57
Figura 24	<i>Diagrama de Pareto para la variable sabor del fideo sin gluten</i>	59
Figura 25	<i>Superficie de respuesta de la variable sabor del fideo sin gluten</i>	60
Figura 26	<i>Diagrama de Pareto para la variable apariencia general del fideo sin gluten</i>	62
Figura 27	<i>Superficie de respuesta de la variable apariencia general del fideo sin gluten</i>	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	<i>Variedades de quinua</i>	8
Tabla 2	<i>Composición química de la quinua</i>	10
Tabla 3	<i>Ecotipos de la quinua</i>	11
Tabla 4	<i>Composición química de la semilla de chía</i>	13
Tabla 5	<i>Requisitos químicos para fideos frescos y secos</i>	15
Tabla 6	<i>Aditivos alimentarios empleados en pastas alimenticias, fideos precocidos y productos análogos</i>	18
Tabla 7	<i>Tipos de durezas del agua a tener presente en la elaboración de pastas alimenticias</i>	19
Tabla 8	<i>Criterio para elegir una pasta alimenticia de calidad</i>	23
Tabla 9	<i>Niveles de variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2²</i>	29
Tabla 10	<i>Datos codificados y reales del DCCR 2² con cuatro experimentos factoriales, cuatro experimentos axiales y tres repeticiones centrales</i>	30
Tabla 11	<i>Características fisicoquímicas de las harinas de quinua y chía</i>	31
Tabla 12	<i>Valores promedio de humedad del fideo sin gluten según diseño experimental</i>	32
Tabla 13	<i>Coeficientes de regresión de variable humedad del fideo sin gluten</i>	33
Tabla 14	<i>ANOVA para la variable humedad del fideo sin gluten</i>	34
Tabla 15	<i>Valores promedio de acidez del fideo sin gluten según diseño experimental</i>	36
Tabla 16	<i>Coeficientes de regresión de variable acidez del fideo sin gluten</i>	37
Tabla 17	<i>Valores promedio de proteína del fideo sin gluten según diseño experimental</i>	39
Tabla 18	<i>Coeficientes de regresión de variable proteína del fideo sin gluten</i>	39
Tabla 19	<i>ANOVA para variable proteína del fideo sin gluten</i>	40

Tabla 20	<i>Valores promedio de fibra bruta del fideo sin gluten según diseño experimental</i>	42
Tabla 21	<i>Coefficientes de regresión de variable fibra bruta del fideo sin gluten</i>	42
Tabla 22	<i>ANOVA para variable fibra bruta del fideo sin gluten</i>	43
Tabla 23	<i>Valores promedio de dureza del fideo sin gluten según diseño experimental</i>	45
Tabla 24	<i>Coefficientes de regresión de variable dureza del fideo sin gluten</i>	46
Tabla 25	<i>ANOVA para variable dureza del fideo sin gluten</i>	47
Tabla 26	<i>Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de fideo sin gluten</i>	48
Tabla 27	<i>Coefficientes de regresión de variable color del fideo sin gluten</i>	49
Tabla 28	<i>ANOVA para variable color del fideo sin gluten</i>	50
Tabla 29	<i>Coefficientes de regresión de variable aroma del fideo sin gluten</i>	52
Tabla 30	<i>ANOVA para variable aroma del fideo sin gluten</i>	53
Tabla 31	<i>Coefficientes de regresión de variable textura del fideo sin gluten</i>	55
Tabla 32	<i>ANOVA para variable textura del fideo sin gluten</i>	56
Tabla 33	<i>Coefficientes de regresión de variable sabor del fideo sin gluten</i>	58
Tabla 34	<i>ANOVA para variable sabor del fideo sin gluten</i>	59
Tabla 35	<i>Coefficientes de regresión de variable apariencia general del fideo sin gluten</i>	61
Tabla 36	<i>ANOVA para variable apariencia general del fideo sin gluten</i>	63
Tabla 37	<i>Tiempo de cocción de los fideos sin gluten</i>	66

INTRODUCCIÓN

Las pastas o fideos han sido y siguen siendo consideradas alimentos proteicos y energéticos, forman parte de la dieta de los orientales, antiguamente se elaboraban a base de mijo, mientras que ahora se elaboran a partir de trigo, se producen desde hace muchos años, se han transmitido de generación en generación y han sido adoptados por muchas culturas en todo el mundo. , hasta convertirse en lo que ahora consideramos una opción de alimento delicioso y variado que se puede consumir con una variedad de proteínas y vegetales. (Alcivar Cajas & García Vera, 2021).

La pasta es un alimento muy apreciado a nivel global, ya que forma parte de la dieta de muchas personas y es relativamente barata, versátil y fácil de preparar y almacenar. (Leyva Barzola, 2015).

El desarrollo de nuevos productos que hacen referencia a la sustitución de la harina de trigo por harina sustitutiva también aumenta su valor nutricional al producir un aumento de proteínas con aminoácidos esenciales, fibra dietética, compuestos bioactivos y sales minerales, ante ello la producción de fideos con harina de quinua y de chía, productos que se producen en el Perú y que ya son parte de los hábitos alimenticios de las personas, sería una alternativa para evitar la dependencia de materias primas importadas como el trigo y a la vez por ser un producto saludable contribuiría a agregarse como dieta balanceada.

El objetivo de este trabajo es producir una pasta o fideo libre de gluten a base de harina de quinua y de chía que presente características fisicoquímicas y sensoriales adecuadas y así contribuir con un alimento nutritivo y saludable para consumidores de toda edad, especialmente para personas celiacas y obesas.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

A diferencia de las alergias alimentarias, la enfermedad celíaca se caracteriza principalmente por una reacción celular a la proteína del gluten que se encuentra en varios cereales como el trigo, el centeno y la cebada. (Ludvigsson, et al., 2013).

Al igual que otras enfermedades autoinmunes y sensibles a los alimentos, la incidencia de la enfermedad celíaca va en aumento en todo el mundo por la introducción del gluten (momento, cantidad y frecuencia) en la dieta de los niños, hábitos de lactancia o infecciones intestinales. (Caminero y Verdu, 2019).

Ante esto, surge la necesidad de desarrollar productos con alto valor nutricional, como los fideos a base de quinua y chía y sin huevo, finalidad de este estudio, para el cual se estudiará el efecto de combinar las harinas de quinua y chía.

Las personas necesitan alimentarse para su desarrollo, por eso la importancia de la relación entre dieta y salud, ha llevado a cambiar sus hábitos de comer alimentos que les sean nutritivos y a la vez agradable al paladar.

La tendencia actual es hacia una vida plena, por ello, se fomenta ingerir productos alimenticios que contengan nutrientes y compuestos bioactivos en su composición que desempeñen una importante acción beneficiosa y tratar una serie de condiciones, que son crónicas y degenerativas.

Los fideos son alimentos muy aceptado y se consume masivamente con una alta aceptabilidad a nivel mundial, es de fácil conservación, accesible y su preparación es sencilla. (Castillo & Olivos, 2018).

La quinua es uno de los pocos cultivos que se pueden sembrar en el altiplano andino en la actualidad. Puede cultivarse solo o junto con otros cereales o tubérculos, tiene una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas y es el único alimento vegetal que contiene todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas y no contiene gluten. Los aminoácidos esenciales se encuentran en los cereales, a diferencia de otros cereales como el arroz o el trigo, que contienen aminoácidos esenciales en la cáscara. (Bergesse *et al.*, 2015)

El polvo de semilla de chía es una excelente fuente de fibra dietética total, proteína, contiene varios sustancias antioxidantes y es fuente importante de ácidos grasos.

Por ello, es deseable conseguir un nuevo tipo de pasta enriquecida que aporte mucha proteína, cuya receta utilizó harina de quinua y semillas de chía.

1.2 Formulación del problema

General

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas y sensoriales del fideo sin gluten a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) y chía (*Salvia hispanica L.*)?

Específicos

- ¿Cómo se determinarán las características fisicoquímicas de las harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) y chía (*Salvia hispanica L.*) para la elaboración de fideos sin gluten?
- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del fideo sin gluten a base de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) y chía (*Salvia hispanica L.*)?
- ¿Cuál será la formulación adecuada del fideo sin gluten a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) y harina de chía (*Salvia hispanica L.*) que tenga aceptabilidad mediante evaluación sensorial?

1.3 Objetivos

General

Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales del fideo sin gluten a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) y chía (*Salvia hispanica L.*)

Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas de la harina de quinua y harina de chía.
- Evaluar las características fisicoquímicas del fideo sin gluten a base de harinas de quinua y chía, mediante métodos de análisis instrumental.
- Establecer la formulación adecuada para la obtención de fideos sin gluten a base de harinas de quinua y chía mediante la evaluación sensorial.

1.4 Hipótesis

Hipótesis general

El fideo a base de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) y de chía (*Salvia hispanica L.*) presentará adecuadas características fisicoquímicas y sensoriales para su consumo con aporte nutricional.

Hipótesis específicas

- Empleando métodos de análisis instrumental es posible determinar las características fisicoquímicas de las harinas de quinua y chía.
- Mediante metodologías de análisis instrumental es posible evaluar las propiedades fisicoquímicas del fideo a base de harinas de quinua y chía.
- Estableciendo la formulación adecuada de fideos sin gluten a bases de harina de quinua y harina de mediante evaluación sensorial chía se obtendrán fideos con buena aceptabilidad y de valor nutricional adecuado.

1.5 Justificación.

La pobreza y la desnutrición son dos de los principales problemas del Perú en la actualidad. Estos ciertamente no son problemas nuevos, pero cuando se trata de desnutrición infantil, los números muestran que son urgentes y alarmantes..

Según el Sistema de Información SIEN – HIS (2021) la desnutrición crónica en el Perú en niños menores de 5 años entre los meses de enero a junio del año 2021 alcanzó los 148 150 casos representando un 15,7% de los niños evaluados.

Existe evidencia científica de que cuanto antes los niños se beneficien de un programa de alimentación, mejor será su desarrollo cognitivo y conductual, físico y motor, y algunos investigadores incluso afirman que las mejoras en las habilidades y relaciones sociales son confiables. Algunos expertos van un paso más allá y creen que puede afectar directamente a la inteligencia. (Almirón, 2017)

La existencia en la región Ayacucho de recursos agroindustriales postergados, como raíces, tubérculos andinos, granos andinos, frutales, recursos pecuarios entre otros, hace que se busque solución a ese concepto erróneo de productos orgánicos referidos para poder transformar productos innovados que no solamente serán alimentos, sino que también participarán en la mejora de dichas enfermedades que van con la salud.

Se plantea desarrollar un proceso tecnológico conducente para la formulación de la pasta nutritiva a base de quinua y chía a nivel de investigación, aportando mayor información en cuanto a la aplicación en la industria tecnológica de pastas

El presente trabajo de investigación buscará divulgar una nueva alternativa de un derivado a base de una formulación adecuada para elaborar una pasta, valorando sus bondades nutricionales y funcionales, incentiva su consumo y fomentando su cultivo en zonas agroecológicas de la región, originado en los agricultores y agropecuarios un desarrollo sostenible a nivel familiar y comunal, fortaleciendo la seguridad y la soberanía agroalimentaria.

Diversos estudios e investigaciones han comprobado que los cultivos andinos, los pseudocereales, poseen propiedades funcionales como curativas y nutritivas, en el caso de la quinua contiene aminoácidos, proteínas, entre otros nutrientes que tienen beneficios para la salud; del mismo modo la chía se caracteriza por su alto contenido de nutrientes, como proteínas, ácidos grasos poliinsaturados, compuestos bioactivos y tienen acción antioxidante.

El presentar a un recurso, como la quinua y la chía en una presentación comercial, fortalecerá la cadena agroindustrial de la de estos productos en la región, en particular fomentará el consumo de unos fideos funcionales y saludables generando ingresos económicos, que a lo largo de la cadena severa fortalecido con nuevas fuentes de trabajo en un recurso alimentico postergado por varios años.

La trascendencia de este estudio es la sustitución exitosa con harina de semillas de quinua y harina de chía de la harina de trigo en la elaboración de fideos sin perder valor nutricional y propiedades organolépticas; El consumo crea nuevas alternativas, especialmente para combatir la desnutrición. En la producción de fideos se podrá desarrollar una tecnología adecuada y económica para competir con la tecnología existente, conseguir que en nuestro país las empresas la utilicen y se trate de reducir el precio del producto

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

(Leyva Barzola, 2015) en su tesis: "Efecto de la harina de haba (*Vicia faba L*) sobre las propiedades reológicas y calidad de pastas alimenticias, concluyó que:

La calidad de las pastas alimenticias con harina de habas, en cuanto a las pastas crudas no evidenciaron defectos de apelmazado, burbuja y puntos blancos y con respecto al defecto de estrellado se presentó en los 4 tratamientos en un rango de 11,50 a 16,9%, en cuanto al color fue incrementado de 34,9 a 40,0 en amarillo. Con respecto a la pasta cocida la ganancia de peso, el % de sedimentación e índice de hinchamiento también se incrementaron a mayor cantidad de sustitución de harina de habas. La mejor pasta alimenticia con harina de habas se obtuvo a través de una evaluación sensorial encontrando que la formulación T3 (15% de harina de habas y 85% de sémola de trigo) presenta las mejores características sensoriales con un calificativo me gusta ligeramente.

(Álvarez Saavedra & Avalos Paico) en su trabajo: "Elaboración y evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la pasta enriquecida con harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y harina de chía semidesgrasada (*Salvia hispanica L.*)" concluyeron:

Que la mejor formulación de pasta alimenticia fue F8(Harina de Trigo: 63,96%; Harina de Cañihua: 27,07% y Harina de Chía semidesgrasada: 8,97%) que tuvo en términos generales una calificación de Regular en el análisis sensorial, la composición químico proximal de la pasta alimentaria F8 es: Proteína (18,491 ± 0,018%), Humedad (7,410 ± 0,004%), Cenizas (1,530 ± 0,007%), Grasa (3,767 ± 0,002%), Fibra (12,686 ± 0,001%) y Carbohidratos (68,799 ± 0,004%) con un aporte calórico de 386,5 Kcal/100 g, siendo esta la pasta alimenticia que brinda mayor energía. Asimismo, tiene características físicas aceptables Textura 0,095 mJ y Tiempo de cocción de 11 minutos.

(Alcivar Cajas & García Vera, 2021) en su trabajo: "Desarrollo de pasta tipo Spaghetti y Lasagna, sustituyendo harina de trigo por harina de chía (*Salvia Hispánica*) y harina de maíz (*Zea Mays*)", concluyeron lo siguiente:

La elaboración de pasta con harina de chía y harina de maíz, se ha logrado sustituyendo la harina de trigo a un 100%, obteniendo así una masa manejable,

elástica y libre de gluten, implementando en su desarrollo ingredientes sin TACC (Trigo, avena, centeno y cebada), tales como una pre mezcla a base de almidón de maíz y almidón de yuca, las cuales aportan para la obtención de una masa suave y esponjosa, así también como la implementación de goma xantana cuya función actúa semejante al gluten en las masas, siendo utilizado como emulsionante, espesante, estabilizante en las preparaciones.

2.2 La Quinua

2.2.1 Generalidades

Hace muchos años el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) fue un soporte en el desarrollo de la agricultura familiar de los pueblos, debido a que aporta a su seguridad, soberanía y autonomía alimentaria, permitiendo la adecuación de los territorios que deciden producir este pseudocereal, por medio de prácticas agroecológicas apoyadas en prácticas campesina y ancestrales que resultan eficientes al momento de obtener el producto final. (García & Plazas).

La quinua se cultivaba antes de la llegada de los españoles en todo el imperio incaico, y se le designaba con diversos nombres según la variedad de quinua producida. La quinua era considerada como un alimento sagrado: se le empleada en usos medicinales; en las fiestas religiosas se le ofrecía al dios sol en una fuente de oro; el Inca era quien iniciaba la siembra en una ceremonia especial. (Mendoza & Miranda, 2019).

Debido a su alto valor nutricional, adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas (plasticidad genética), tolerancia a suelos salinos, resistencia a temperaturas extremas y a la poca disponibilidad de agua, la quinua es un cultivo importante en la lucha contra el hambre a nivel mundial. (IICA, 2015)

Figura 1

El grano de quinua (Chenopodium quinoa Wild)



Nota. (IICA, 2015)

2.2.2 Taxonomía

La clasificación taxonómica de la quinua se describe a continuación:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Angiospermas
Familia	: Chenopodiáceas
Género	: Chenopodiun
Sección	: Chenopodia
Subsección	: Cellulata
Especie	: Chenopodium quínoa, Will

Fuente: Mujica (1993) citado por (Cervantes, 2016)

2.1.3. Variedades de quinua

En el Perú, son ocho los bancos de germoplasma donde se conservan 6302 accesiones de quinua, y se encuentran en las Estaciones Experimentales del INIA, en Illpa (Puno, Banco Nacional), Andenes (Cusco), Canaán (Ayacucho), Santa Ana (Huancayo), Baños del Inca (Cajamarca), en la Universidad Agraria La Molina de Lima, la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; y la Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Tabla 1

Variedades de quinua

Tipos de quinua	Color de planta y grano	Tolerancia al frío	Uso principal	Uso secundario
1. Blancas, Janko o Yurac	Blanca/transparente	Mediana	Caldo o sopa	Puré o pesque
2. Chulpi o hialinas	Blanca/transparente	Buena	Caldo o sopa	Puré
3. Witullas, coloreadas, wariponcho	Rojo/rojo, púrpura	Alta	Kispiño	Harinas, torrijas
4. Q'oitu	Blanca/marrón	Buena	Torrijas	Harinas
5. Pasankallas	Plomo/rojo, vino	Alta	Mana	Harinas
6. Cuchi Willa	Rojo/negro	Alta	Chicha	kispiño

Nota. Adpatado de FAO, (2013)

2.1.4 Composición química de la quinua

La quinua tiene un alto valor nutricional equilibrado. El almidón representa el 48-69% en materia seca en el grano (Wang, y otros, 2013). Se ha informado que el contenido proteico de proteínas se encuentra entre 14 a 18% (Abugoch Janes, 2009). Se ha estimado el contenido de lípidos en el rango de 4,4-8,8%, por encima del nivel promedio de los cereales (Wang & Zhu, 2016). Los lípidos en la quinua se componen de 55,6% de lípidos neutros, 25,4% de lípidos polares y 18,9% de ácidos grasos libres (Przybylski et al., 1994). Además, la quinua presenta una importante fuente de fibra dietética (Abugoch Janes, 2009), (7-10%) enriquecida con ciertos tipos de micronutrientes tales como minerales (potasio), vitaminas (piridoxina o vitamina B6; ácido fólico o vitamina B9), así como compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, como polifenoles y antioxidantes (Tang et al., 2016).

Su composición física es un pseudocereal de origen andino que fue cultivado por antiguas civilizaciones como los aztecas, los mayas y los Incas hace más de 5000 años. (Wang & Zhu, 2016). Su favorable adaptabilidad edafológica y climática ha permitido ampliar este cultivo a diferentes zonas geográficas, como Europa, América del Norte, Asia y África (Abderrahim, y otros, 2015). Es un cultivo anual cuyas panojas tienen en promedio una altura de entre 1,0 y 2,0 m con una llamativa flor de diferentes colores según la variedad, y producen semillas cilíndricas, lisas con un largo de 1,0 mm y un diámetro de 2,5 mm (NTP., 2009). El grano de la quinua esta envuelta con saponina las cuales estan en el pericarpio del grano, y estas son reponsables del sabor amago. (Figura 2.1) El principal componente de los insuflados es el almidón que se encuentra en el perisperma y varía entre 30 y 70% en base a la materia seca (Li & Zhu, 2018).

Los granos de quinua desaponificados pueden utilizarse para la producción de harina, hojuelas, extruidos, expandidos y granola. La harina es utilizada para la fabricación de panes, galletas, albóndigas, salsas, fideos, postres, dulces, tortas, pasteles, cremas, sopas, bebidas, puré, etc(Montoya, Martinez, & Peralta, 2005)

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales.

Tabla 2*Composición química de la quinua*

Componente	Unidades	Contenido
Energía	Kcal	351 kcal
Humedad	%	11,5
Proteínas	%	13,6
Grasa	%	5,8
Carbohidratos	%	66,6
Fibra dietaria	%	5,9
Cenizas	%	2,5
Calcio (mg)	mg	56
Fósforo (mg)	mg	242
Hierro (mg)	mg	7,5
Potasio (mg)	mg	776

Nota. Extraído de (Reyes et al., 2017)

La quinua resalta de los demás productos por ser una fuente de proteínas de alta calidad, minerales, fibra dietética y grasas poliinsaturadas; además, la quinua es una fuente de una diversidad de nutrientes, se recomienda consumirla como parte de una alimentación equilibrada junto a muchos otros tipos de alimentos con el propósito de obtener una nutrición a nivel general buena (FAO, 2013).

2.1.5 Ecotipos de la quinua

La quinua presenta una alta diversidad genética y variedad, las cuales demuestran ciertas especificaciones en función de sus regiones productivas. Las variedades que manifiesta la quinua reciben el nombre de Ecotipos y las regiones donde se produce se denomina eco-regiones, es decir, cada eco región produce un grupo de Ecotipos de este pseudocereal, donde cada una es clasificada en función de la morfología del tallo, hoja y granos que produce la quinua, así como de las condiciones de los ecosistemas donde se desarrollan. (Laguna, 2004).

Tabla 3*Ecotipos de la quinua*

Ecotipo	Región	Característica
Valle	Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina	Grano pequeño y moreno Saponina moderada
Altiplano	Cuenca del Lago Titicaca, Altiplano Norte, Bolivia	Grano de mayor tamaño y blancura
Costeña	Chile	Grano de gran tamaño y extra blanco. Grano de mayor demanda mundial
Dulce	Bolivia	Grano grande, superior l de otras regiones, casi blando y con poca saponina.

Nota. Adaptado de (Laguna, 2004)

2.1.6 Harina de quinua

La harina es el resultado del proceso donde la quinua desaponificada, es molida a presión y fricción, y luego sometida a un ventilado para obtener un elevado nivel de pulverización, a fin de obtener una materia de calidad panificable (Mujica *et al.*, 2006).

La harina de quinua generalmente es gruesa de color blanco opaco con relativo contenido de saponina (máximo 0,12 por ciento), granulometría que varía entre 0,5 a 1,0 micras y el pH varía de acuerdo a la variedad de 6,0 a 7,0 (Bergesse et al. 2015).

La harina de quinua aporta cantidades significativas de minerales como: fósforo 61 mg/100g, calcio 181 mg/100g, así como hierro 3,70 mg/100g (García et al. 2009). También aportan valores apreciables de ácidos grasos poliinsaturados de la serie $\omega 6$ y $\omega 3$. Dentro de estos el que más se destaca es el linoleico (C18:2) y representa casi el 50 por ciento del total de ácidos grasos, le sigue en orden decreciente el ácido linolénico (C18:3) con un 17 por ciento (Bergesse et al. 2015).

2.2 La chía (*Salvia hispanica* L.)

2.2.1 Generalidades

La semilla de chía se usó como base de su alimentación en la época precolombina, por el año 3500 a.C., logrando cultivarse en centro de México y América Central en

el año 1500 y 950 a.C. Para la cultura Mesoamericana representa el cuarto alimento básico dentro de las civilizaciones tanto aztecas como Mayas, teniendo a su vez el maíz, amaranto, frijoles. Sus semillas tenían el uso para la fabricación de medicinas, base alimenticia y también el alimento para los animales. Al obtener la harina a partir de las semillas se elaboraban bebidas refrescantes, nutritivas, siendo una costumbre que aún perdura en Centroamérica. Los ceramistas y los pintores realizaban con el aceite de las semillas, barnices, pinturas que eran brillosas y a su vez que perduraban, gracias al contenido de antioxidante que se encontraba presente. (Marcayata, 2016).

La chía se consume comercialmente sin procesamiento alguno o adicionada como enriquecedora de productos, con este alimento se prepara una bebida refrescante, mermelada, jalea, yogur, mostaza, saborizantes, harinas, aceites y salsa tártara; igualmente tiene utilidad en cosmetología, en panificación, además es utilizada para productos como fórmulas para bebés, alimentos de animales, barras nutritivas, etc. (Xingú et al., 2017).

2.2.2 Composición química

Los componentes de reserva de las semillas consisten en proteínas, carbohidratos y lípidos. La proporción relativa y localización de estos compuestos varía de acuerdo a la especie (Baud, 2010). Las semillas, en general, son fuente de compuestos lipídicos que incluyen ácidos grasos, tocoferoles, triglicéridos, fosfolípidos, esfingolípidos y esteroides (Matthaus et al. 2003).

La chía es una semilla oleaginosa que además de su alto contenido de Omega-3 presenta en su composición otros componentes de gran interés para la nutrición humana, como la fibra, las proteínas, los antioxidantes, las vitaminas y algunos minerales.

En la tabla 4 se presenta la composición química de la semilla de chía.

Tabla 4*Composición química de la semilla de chía*

Componente	Contenido (%)	
	1	2
Energía (Kcal)	405,4	-
Humedad	7,87	6,2 ± 0,0
Proteínas	19,6	19,9 ± 0,20
Extracto etéreo	30,3	27,9 ± 0,42
Fibra cruda	25,21	33,0 ± 0,54
Cenizas	4,26	4,5 ± 0,04
Carbohidratos	12,73	8,6 ± 0,28
Calcio	1,01	-
Hierro	0,052	-

Nota. Adaptado de (Ayerza, 2009)¹, (Jiménez, Masson, & Quitral, 2013)²

2.2.3 Harina de semilla de chía

La harina de chía es el producto que se obtiene de la molienda del grano de chía, sano y exento de impurezas. La importancia de la adición de harina de chía es mejorar sus propiedades nutricionales (Ivana, 2013).

La harina de chía se obtiene mediante la extracción del aceite de la semilla de chía, esta harina se caracteriza por ser de color pálido, pero es considerada una fuente de proteínas, hidratos de carbono, fibra dietética, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes. Debe permanecer en un ambiente fresco entre 15-25°C, lejos de la humedad para poder llevarse a cabo una buena conservación (Plaza, 2017).

2.3 Pastas alimenticias

Leyva (2015) refiere que Marco Polo introdujo las pastas en Europa desde China, el origen de las pastas se remonta a 1200 años A.C. en Egipto, en donde se encontró un bajo relieve de una especie de panadería en la cual se hacían rollos de masa, que se cortaban y se cocinaban. A partir de allí la pasta se extendió desde Palestina hacia el Asia, luego a Grecia y Europa. En la Edad Media las pastas estaban definitivamente incluidas en la dieta de los sicilianos, propagándose luego hacia el norte de Italia.

Según la NTP 206.010 (2016) define a las pastas alimenticias o fideos secos como productos que no han sido fermentados y por lo tanto, se realizan a partir de la

mezcla de agua potable, ya sea con harina de trigo o sémola de trigo duro o a su vez una mezcla de ambas, han pasado por procesos de laminación y/o extrusión y para culminar llegan a pasar por procesos de secado y también para pasta o fideos especiales se la ha definido como el producto que se ha obtenido a partir de la combinación de los derivados del trigo u otras farináceas aptas para que las personas lo puedan consumir.

Los beneficios que brinda la pasta es que al ser un alimento idóneo, en especial para aquellas personas que realizan diferentes actividades físicas, también al tener hidratos de carbono absorben energía de forma lenta, liberando la energía que han adquirido poco a poco; la fibra que contiene la pasta normaliza el tránsito intestinal, además de combatir problemas de estreñimiento, otro de los beneficios es crear un proceso de digestión más lenta y fácil, llega a ser menos pesada al consumirla. (Escalante, 2019).

En la preparación de las pastas alimenticias normalmente se emplea el trigo, siendo una de las prácticas más antiguas, debido al cultivo que se realiza en algunos países en forma de cereal o ya sea que se exporten. Grandes empresas fabrican fideos a través de la sémola que es producida en sus molinos, logrando mantener el stock, consiguiendo trabajar de forma regular. Para la obtención de la calidad de la pasta y así mismo su vida útil, se debe tener en cuenta que se realicen los procesos de humectación, mezclado, amasado, extrusión y secado de forma correcta. (Muentes, 2020).

Los criterios de calidad de la pasta seca establecen la ausencia de grietas y de manchas y la presencia de una superficie lisa y una coloración amarilla y los de pasta cocida se centran en la coloración, firmeza y ausencia de pegajosidad (Gil, 2010).

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.010:2016 “Pastas y fideos para el consumo humano” en la tabla 3 muestra los requisitos en la fabricación de fideos (INDECOPI, 2016).

Tabla 5*Requisitos químicos para fideos frescos y secos*

Tipos de fideos			Secos	Frescos
Humedad máxima (%)			15,0	35,0
Acidez	titulable	máxima	0,45	0,65
(%ácido láctico)				

Nota. INDECOPI (2016)

La pasta enriquecida con una combinación de fibra y proteína podría ser efectiva en la modulación de las sensaciones de apetito, sugiriendo así un nuevo concepto de formulación de pasta para la modulación de la conducta alimentaria (Martini et al. 2018). La fibra se caracteriza por promover la regularidad de la evacuación intestinal y a prevenir el estreñimiento ya que es benéfica para el desarrollo de una microflora sana a nivel intestinal. Puede ayudar a reducir el riesgo de padecer diverticulosis, afección común en la que se forman pequeñas bolsas en las paredes del colon (FDA, 2021).

2.3.1 Clasificación de las pastas alimenticias.

Según la NTP 206:010 (2016), clasifica las pastas alimenticias de la siguiente manera:

Por contenido de humedad

- **Pasta seca:** Será el fideo o pasta con un contenido de humedad igual o menor a 14%. Una etapa característica para la obtención de pasta seca en su fabricación está el proceso de desecado de la pasta.
- **Pasta fresca:** Será el fideo con un contenido de humedad mayor o igual a 15% y menor o igual al 35%. En su fabricación no se involucra el proceso de secado de la pasta.

Por el proceso de moldeado o fabricación

- **Pasta tipo Bologna:** Serán las pastas obtenidas mediante el proceso de laminado, por ejemplo: fideo corbata, fideo lasaña.
- **Pasta tipo Nápoles:** Pastas obtenidos por el proceso de moldeado mediante boquillas de diversas formas.
- **Pastas especiales:** Serán los fideos que tienen cantidades variables de huevos, leche, gluten, vitaminas u otros elementos nutritivos con la finalidad de mejorar sus cualidades dietéticas u organolépticas.

Por su forma

- **Fideo rosca o nido:** Serán las pastas largas que tienen la forma de madejas.
- **Fideo largo:** Será los fideos tipo Nápoles o Bologna de forma y tamaño variable, de sección redonda, ovalada, rectangular, con o sin hueco. Su dimensión fundamental es la longitud que estos presentan.
- **Fideo cortado:** Será el fideo Bologna o Nápoles de forma y tamaño variable, las cuales no tienen características definidas de dimensión. Estas son más pequeños que los fideos largos.

2.3.2 Valor nutricional de las pastas alimenticias.

Dendy y Dobraszczuk, (2004), refieren que la pasta es un alimento básico, pero no es completo ya que necesita que sea complementada con otros alimentos con la finalidad de aumentar su valor nutricional. La pasta a base de harina de trigo es considerada un alimento saludable, la proteína que más contiene es el gluten la cual es la responsable de la elasticidad, pero este es deficiente en un aminoácido importante conocido como lisina. El aporte de nutrientes varía dependiendo que la condición de cultivo y variedad de trigo que se utiliza para su elaboración, en cuanto al aporte de grasas este viene a ser en cantidades pequeñas como lo es en las vitaminas y minerales en caso de que la pasta no haya sido enriquecida.

Así mismo para mejorar el contenido nutricional se le puede realizar una fortificación con minerales y vitaminas, pero también agregar un contenido de fibra dietaria y proteína. (Ortega, A. 2016).

2.3.3 Materia prima e ingredientes básicos en la elaboración de pastas alimenticias.

A) Harinas. - Según, la NTP 205.064:2015 menciona que la denominación “harina” es utilizada exclusivamente al producto obtenido de la molienda de los granos limpios del trigo provenientes de las especies *Triticum durum* o *Triticum aestivum*.

Al respecto, Patryk (2010), citado por Luna, S (2015), manifiesta que para las harinas sucedáneas; productos obtenidos de la molienda de los granos provenientes de cereales, tubérculos, raíces y menestras, la denominación correspondiente es “harina” seguido el nombre del vegetal procedente. Ejemplos: Harina de quinua, harina de papa, harina de maíz, harina de arroz.

Asimismo, Acosta. (2007), citado por Pantoja, L & Prieto, G (2014), refiere que un factor importante para obtener pastas con una excelente calidad es la utilización de

sémola de trigos cristalinos, debido a que estas brindan características gastronómicas de mejor calidad.

B) Huevos: Al respecto, Escobar, F & Varela, J. (2008), refiere que el huevo de gallina consta de 3 partes: el cascaron, la yema y la clara.

- ✓ La clara de huevo; contiene proteínas lo cual es muy importante para la industria alimentaria, la proteína más abundante es la ovoalbúmina la cual se desnaturaliza fácilmente a partir de los 72°C a 84°C.
- ✓ La yema de huevo tiene como principal vitamina a la vitelina, la cual es una fosfoproteína que contiene lecitina. Se utiliza en los alimentos como emulsionante e imparte color, textura y sabor.

Complementando Yang y Baldwin, (1995) citado Rosas, A. (2015), menciona que la presencia de estas proteínas mejora la calidad de la pasta, la cual está relacionada principalmente con la ovoalbúmina la cual posee propiedades de gelificación y coagulación.

C) Aceite: Los lípidos, grupo de compuestos con estructura heterogénea además de su valor nutritivo, contribuyen en la textura de los alimentos e influye en el sabor de los productos.

Quaglia (1991), citado por Escobar, A. & Varela, J. (2008), manifiestan que las grasas son sustancias que con mucha frecuencia es utilizada en la industria alimentaria, cumple la función de conservante y mejorador de las características de la masa, diversos estudios aseguran que aumentando mínimas cantidades de lecitina (fosfolípidos) llegando a mejorar la consistencia de la masa logrando así aumentar las características plásticas.

D) Aditivos: La utilización de los aditivos alimentarios o presencia de estos mismos en el producto, debe encontrarse dentro del nivel máximo permitido según la norma general para los aditivos alimentarios, CODEX STAN 249-2006, como se muestra en la tabla 6.

E) Propionato de calcio: Según, Tortora, E. (2007). citado por Mejía, K. & Navarro, Lila. (2014). Manifiesta que frecuente el propionato de calcio se utiliza en la industria alimentaria como conservante para los alimentos logrando retardar su deterioro.

Tabla 6.

Aditivos alimentarios empleados en pastas alimenticias, fideos precocidos y productos análogos

N° del SIN	Aditivo alimentario	Nivel máximo
Regulares de la acidez		
334	Acido tartárico (L (+)-)	7500mg/kg
Antioxidantes		
304	Palmitato de ascorbilo	500 mg/kg, solos o combinados,
305	Estearato de ascorbilo	como estearatos de ascorbilo
310	Galato de propilo	200 mg/kg, solos o combinados,
319	Butihidroquinona terciaria (TBHQ)	expresados con respecto a la grasa o el aceite
Colorante		
100 (i)	Curcumina	500 mg/kg
101 (i)	Riboflavina	200 mg/kg, solos o combinados,
101 (ii)	Riboflavina 5'-fosfato, sodio	como riboflavina
102	Tartrazina	300 mg/kg
110	Amarillo ocazo FCF	
Estabilizantes		
459	Beta-ciclodextrinas	1000 mg/kg
Agentes del tratamiento de las harinas		
223	Metabisulfito sódico	
224	Metabisulfito potásico	20 mg/kg, solos o combinados
225	Sulfito de potasio	como dióxido de azufre
539	Tiosulfato de sodio	
Conservantes		
200	Ácido sórbico	
201	Sorbato sódico	2000mg/kg, solos o combinados, como ácido sórbico
202	Sorbato potásico	

Nota: Codex Stan 249-2006 SIN. Citado por Pantoja, L. & Prieto, G. (2014)

F) Sal: Al respecto, la NTP 209.015:2006, segunda edición, menciona que la sal es un producto que contiene como compuesto predominante al cloruro de sodio, considerada como el primer mejorador de masa. Utilizada en la industria alimentaria como agente conservador, saborizante, aditivo para potenciar sabores de otras materias alimentarias.

G) Agua: Según, Luna, S. (2015) acerca del agua manifiesta que es empleada en la producción de pasta siempre y cuando esta tiene las mejores características potables, inodoras, incoloras, sanitarias ya que de esta dependerá la calidad obtenida del producto final. Algunas veces es recomendable la ebullición durante

algunos minutos para lograr destruir las bacterias orgánicas y precipitar las sales minerales.

Del mismo modo, Sánchez & Valderrama, (2009), citado por Pantoja, L & Prieto, G (2014), manifiestan que el agua empleada en el proceso de amasado preferiblemente debe tener una dureza de 50-100ppm, su pH debe ser neutro o ligeramente ácido. La utilización de agua duras provoca el desgaste rápido de los moldes, cuando estas están dañadas en exceso ocasiona que el producto final tenga un sabor poco agradable. La clasificación de la dureza del agua se puede visualizar en la tabla 7.

Tabla 7.

Tipos de durezas del agua a tener presente en la elaboración de pastas alimenticias

<i>PPM</i>	<i>DUREZA</i>
0-15	Muy blanda
15-50	Blanda
50-100	Ligeramente dura
100-200	Dura
Más de 200	Muy dura

Nota: Cerrate (1989). Citado por Sánchez & Valderrama (2009)

2.3.4 Equipos y maquinarias en la elaboración de pastas alimenticias

Es conveniente enmarcar los equipos empleados en la elaboración de pastas alimenticias a nivel semiindustrial y de acero inoxidable de usos alimentario, a lo que diversas bibliografías refieren que se deben de contar con lo que recomienda Niño (2021), como a continuación se mencionan:

Amasadora-Mezcladora Tipo Doble Z. El equipo está diseñada y construida para procesos de mezcla, humectación y homogeneización de productos húmedos o pastosos de muy alta viscosidad

Figura 2. Amasadora-Mezcladora tipo doble Z



Nota: Niño (2021)

Laminadora

El equipo es empleado para darle forma a la masa, maleables, haciéndolos pasar por rodillos o a presión y así formar las pastas alimenticias según sea el tipo

Figura 3.

Máquina Laminadora



Nota: Niño (2021)

Moldeador Extrusor

El equipo extrusor para pasta o tecnología de prensado es de producción automática tanto de pastas cortas como largas. El principio de funcionamiento se basa en luego de obtenida la masa, esta pasa atreves de un husillo que la chocar con boquilla (molde) se obtienen las pastas deseadas según sea el tipo deseado.

Figura 4

Máquinas extrusoras



Nota: Niño (2021)

Cortadora

La finalidad de dicho dispositivo es producir los tamaños (longitud) diferentes de las pastas. De esta forma se obtienen pastas de diversos tipos como los tagliolini, tagliatelle, pappardelle, spaghetti, tallarines, fettuccini, entre otros. *Máquinas*

Figura 5.

Máquinas cortadoras



Nota: Niño (2021)

Secador de bandejas.

El secador de bandejas también conocido como secador de Anaqueles, es un gabinete el cual aloja materiales a secar, donde se hace correr suficiente cantidad de aire caliente y seco. Este secador de pasta es un instrumento que se ha vuelto imprescindible en la industria, ya que permite el secado de la pasta en manera rápida, homogénea y natural.

Figura 6.

Secador de bandejas



Nota: Niño (2021)

Envasadora.

Equipo muy importante dentro de la industria alimentaria, pues ayudan a facilitar en forma rápida el envasado de diferentes tipos de alimentos en este caso las pastas alimenticias, cuyo fin es darle la presentación comercial final al producto, donde el envase (laminas protectora de polietileno/polipropileno de alta densidad) se encarga de conservar y ampliar la vida útil del producto.

Figura 7.

Máquinas envasadoras



Nota: Niño (2021)

2.3.5 Calidad de pastas alimenticias

Marti, D'Egidio, & Pagani (2016) mencionan que la calidad en un producto se describe mediante diferentes características como: higiénicas, sanitarias, nutricionales y sensoriales; por lo que la calidad de las pastas alimenticias dependerá primordialmente de la calidad de materia prima, ingredientes y tecnología (condiciones de procesamiento) que se empleen en la elaboración.

Los consumidores en la actualidad al momento de adquirir y consumir pastas alimenticias basan sus elecciones en las características nutricionales y sensoriales, en consideración a los parámetros de calidad como se muestra en la tabla 8.

Gil (2010) manifiesta que los criterios de calidad en pastas alimenticias, cocidas, están en base a: la firmeza, coloración y ausencia de pegajosidad. Mientras que las propiedades físicas de calidad, que muestran las pastas cocidas son:

- Resistencia a la desintegración superficial y a la pegajosidad
- Mantener una estructura firme
- Conservar buena textura
- Pérdida de sólidos
- Elasticidad adecuada
- Absorción del agua

Complementando a lo anterior Troccoli *et. al*, (2000), mencionan que el desempeño de las pastas alimenticias durante la cocción, dependen de la materia prima que se utilizó, las condiciones del proceso, pudiendo realizarse experimentos para predecir la calidad de su cocción. Los parámetros importantes son:

- Tiempo de cocción
- Relación cantidad de agua absorbida: cantidad de muestra cocida
- Relación del agua: pasta de cocción

Tabla 8.

Criterio para elegir una pasta alimenticia de calidad

TIPO DE PRODUCTO	ASPECTO DE CALIDAD	PARÁMETRO DE CALIDAD
Pasta alimenticia	Calidad nutricional	- Composición de la semolina
		- Compuestos bioactivos
Pasta alimenticia	Calidad sensorial	- Salsas y recetas
		- Índice Glucémico
Pasta alimenticia	Calidad sensorial	- Daño por calor debido a la reacción de Maillard
		- Apariencia visual (color amarillo, apariencia uniforme)
Pasta alimenticia	Calidad sensorial	- Comportamiento de cocción (perdida de cocción, absorción de agua, firmeza, pegajosidad)
		- Sabor

Nota: Marti, D'Egidio & Pagani (2016)

2.3.6 Factores que alteran la calidad de las pastas alimenticias.

Pazuña, (2011), precisa que la calidad de las pastas alimenticias está en función a las características siguientes:

Propiedades del almidón

La formación de la red de proteínas y la gelatinización del almidón influyen en la calidad de cocción de las pastas. Por lo tanto, para poder conseguir la firmeza que debe tener una buena pasta, factor importante y primordial, son las propiedades del almidón que se utilizan.

Decoloración de la pasta

La decoloración de la pasta tiene como causa principal, la hidratación no homogénea de la masa, lo que se manifiestan ocasionando manchas blancas en el producto.

2.4 Evaluación Sensorial

Es la evaluación que se hace a los productos alimentos usando los sentidos, y es una técnica tan importante como las fisicoquímicas, microbiológicas, etc. Se aplica en distintas áreas de la industria de alimentos como la crear nuevos productos, o mejorar los ya existentes, rectificar etapas de procesamiento o correlacionar el análisis sensorial con los análisis fisicoquímicos. Espinoza Atencia, (2009).

Solo por medio de los sentidos se pueden percibir atributos característicos de los alimentos. Hay características o atributos que se pueden determinar por un solo sentido, mientras que para otras se pueden usar más de un sentido. Espinoza Atencia, (2009).

Sabor.- Complejo por su combinación de propiedades; el aroma, gusto y olor. El sabor diferencia un alimento de otro y no el gusto. El sabor es el resultado de los estímulos gustativos que se perciben de un alimento causado por compuestos no volátiles y volátiles que se saborean en la cavidad bucal.

Color.- Sensación que se provoca en la retina a través de ondas luminosas, esto se debe a la interacción de la luz en la retina y un componente que requiere de la luz.. El color se puede medir o cuantificar por medio de instrumentos. Sancho Valls, Bota, & De Castro J., (2008)

Olor.- Separa las sustancias volátiles generadas por cuerpos sólidos esta separación se realiza en la nariz, siendo una característica la potencia o intensidad.

Textura.- Características mecánicas de un alimento. Espinoza Atencia, (2009). La textura se detecta por las manos y la boca. Cauvain & Young, (2009). De la textura depende la aceptabilidad de los alimentos, crujientes o blandos. Cauvain & Young, (2009).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y en la Planta Agroindustrias PRADO S.A.C.

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materia prima y otros

Se utilizó harina de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) y harina de chía (*Salvia hispanica L.*) que fue adquirida del mercado Nery García Zárate de la ciudad de Ayacucho.

También se utilizó goma de tara (En el anexo 1 se muestra la ficha técnica).

3.1.2 Reactivos

- Hidróxido de sodio QP
- Fenolftaleína al 1%
- 2,6 Diclorofenolindofenol
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Sulfato de potasio
- Ácido clorhídrico
- N-hexano
- Agua destilada

3.1.3 Materiales de laboratorio

- Fiolas de 25 mL, 50 mL, 100 mL y 1 L.
- Matraces Erlenmeyer de 100, 250, 500 y 1000 mL.
- Vasos de precipitación.
- Buretas
- Pipetas de 1, 5 y 10 mL.
- Probetas de 50, 100 y 250 mL.
- Pinzas, espátulas, papel filtro, cuchillos

3.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Los equipos e instrumentos utilizados para los diferentes análisis son:

- Balanza analítica Marca AND HR 200
- Balanza digital
- Equipo KJELDAHL
- Determinador de fibra
- Texturómetro de Brookfield
- Prensadora de pastas (Agroindustria Prado SAC)
- Secadora de túnel (Agroindustria Prado SAC)
- Detector de humedad (Agroindustria Prado SAC)
- Selladora de bolsas
- Estufa Marca RELES.
- Campanas de vidrio

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

3.3.1 Análisis fisicoquímico de la materia prima y producto final.

Determinación de humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó según el método de la AOAC (2016).

Determinación de cenizas

Por calcinación directa, (AOAC, 2016)

Determinación de fibra cruda

Por hidrólisis ácida y básica (AOAC, 2016).

Determinación de proteínas

Por el método Kjeldahl, según la AOAC (2016).

Determinación de grasa bruta

Por el método de extracción continua en Soxhlet, según AOAC (2016).

Determinación de carbohidratos

Por diferencia, AOAC (2016).

Determinación analítica de textura

Se realizó con el equipo TexturePro CT V1.4 Build 17, de Brookfield Engineering Labs, Inc". "El tipo de prueba fue el Análisis del Perfil de Textura (APT); la sonda que se utilizó fue la TA4/1000; el objetivo de la penetración fue de 10.0 mm y la velocidad de la prueba de 0.5 mm/s". (Método citado en Moreno, 2017).

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1 Producción de fideos a base de harinas de quinua y chía

En la figura 8 se muestra el diagrama de flujo para obtener fideos a base de harinas de quinua y chía.

Descripción de las operaciones de elaboración de fideos a base de harinas de quinua y chía.

a) Recepción de materia prima

Las harinas de quinua y chía deben estar libe de impurezas, limpia e inocua. Luego se realizó los respectivos análisis

b) Pesado

Se pesó cada uno de las materias primas de acuerdo a la formulación según el diseño experimental planteado.

c) Formulación

Se formuló según el diseño planteado en el planeamiento experimental (ver tabla 5)

d) Mezclado

Consistió en mezclar las materias primas e insumos.

e) Amasado

Consistió en amasar hasta obtener una masa plástica, se realizó a temperatura ambiente hasta lograr una humedad de 30 a 31% a un tiempo de 15 - 20 minutos.

f) Reposado

La masa se formó en un bolo con las manos y se dejó reposar sobre una mesa embolsada a temperatura ambiente durante 30 minutos.

g) Laminado

Se utilizó máquinas laminadoras de pasta italianas que constan de dos rodillos finos que giran y comprimen la masa hasta laminarla.

h) Cortado

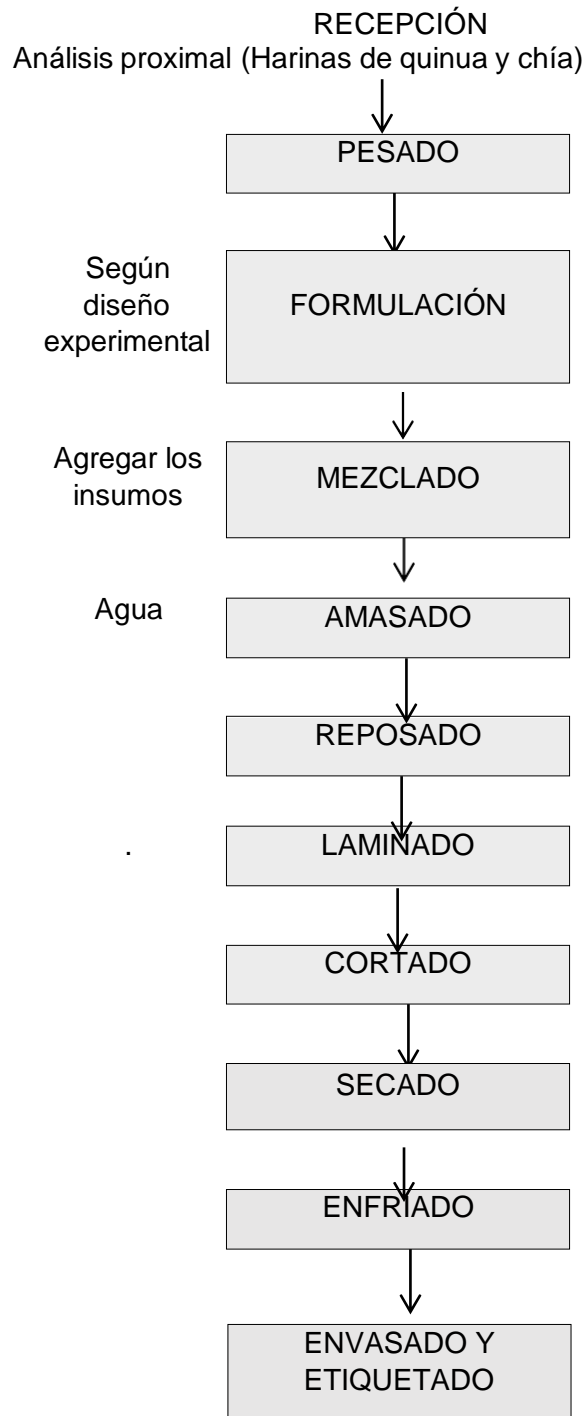
Se cortó la lámina obtenida en porciones homogéneas y se pasará por los rodillos acanalados para así formar el fideo.

i) Secado

La pasta se seca hasta una humedad de 6-7°C, pasando por un ciclo de secado en el horno, sin corriente de aire a 70°C, durante 30 minutos aproximadamente.

Figura 8

Diagrama de flujo para elaborar fideos a base de harinas de quinua y chía



j) Enfriado

En esta etapa la pasta se enfrió hasta una temperatura de 25°C, cuyo propósito fue buscar la estandarización de temperatura del producto con el medio ambiente

k) Envasado y etiquetado

Para el envasado se usará un producto adecuado biodegradable, la presentación unitaria será de 500 g de fideo seco.

3.5 Evaluación estadística

Se utilizó el Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR) 2², donde se consideró dos variables independientes: harinas de quinua (HQ) y harina de chía (HCh) y los niveles fueron $-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$.

La variable independiente HQ tuvo un rango de 74% a 94% y HCh de 5% a 25%.

El número total de tratamientos y nivel de variable se basó en la siguiente ecuación: $2n + 2n + 3 PC = 4 + 4 + 3 = 11$, que se muestran en las tablas 9 y 10, respectivamente.

El número de puntos centrales según Montgomery (2005) recomienda de 3 a 5 réplicas; en este diseño se tomó en cuenta 3 puntos centrales.

Tabla 9

Niveles de variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2².

Variables independientes	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Harina de quinua (%)	74	77	84	91	94
Harina de chía (%)	5	8	15	22	25

Donde $\alpha = \pm 1.4142$

De acuerdo al programa STATISTICA v.12 y el diseño propuesto, se realizaron 11 procedimientos con 4 procedimientos factoriales, 4 réplicas axiales y 3 réplicas centrales. Los datos con codificación y reales para el diseño experimental propuesto se presentan en la tabla 10.

Tabla 10

Datos codificados y reales del DCCR 2² con cuatro experimentos factoriales, cuatro experimentos axiales y tres repeticiones centrales

Tratamientos	Valores codificados		Valores reales	
	X ₁	X ₂	Harina de Quinua (%)	Harina de Chía (%)
1	-1	-1	77	8
2	+1	-1	91	8
3	-1	+1	77	22
4	+1	+1	91	22
5	- α	0	74	15
6	+ α	0	94	15
7	0	- α	84	5
8	0	+ α	84	25
9	0	0	84	15
10	0	0	84	15
11	0	0	84	15

Para determinar la respuesta de las variables independientes (HQ y HCh) se utilizó el programa STATISTICA, v. 12, obteniéndose los coeficientes de regresión, el diagrama de Pareto, el análisis de varianza (ANOVA) y las superficies de respuesta, con una probabilidad de 5% ($p < 0,05$).

Teniendo como variables del estudio a las siguientes:

- **Variables Independientes:** % harina de quinua y % harina de chía.
- **Variables Dependientes (respuestas):** Físicoquímicos (Humedad (%), acidez (%), proteína (%), fibra bruta (%)) y textura (dureza (mJ)); sensorial (sabor, aroma, color, textura y apariencia general)

3.6 Evaluación sensorial

Se utilizó la metodología de escala hedónica a todos los tratamientos empleándose 30 jueces semientrenados.

Se evaluaron los atributos: sabor, aroma, color, textura y apariencia general

Se codificaron las ensayos con códigos de 4 dígitos y se empleó una escala de 9 puntos donde 9 fue la mayor preferencia, es muy agradable y 1 fue la menor, es muy desagradable. La ficha se muestra en el anexo 2.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la materia prima

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las harinas de quinua y de chía, se muestran en la tabla 11

Tabla 11

Características fisicoquímicas de harina de quinua y harina de chía

Componente	Harina de quinua (%)	Harina de chía (%)
Humedad	8,13 ± 0,012	4,02 ± 0,015
Proteína	16,04 ± 0,19	17,23 ± 0,26
Grasa	4,89 ± 0,015	8,04 ± 0,08
Cenizas	2,77 ± 0,04	2,94 ± 0,012
Fibra	2,61 ± 0,02	19,71 ± 0,14
Carbohidratos	65,56 ± 0,96	48,06 ± 0,82

Según Ramírez, (2007) expresa que la cantidad y calidad de proteína es relevante en la buena calidad de los fideos y si el contenido proteico es bajo resulta frágil y se quiebra con facilidad, presentando dificultades de hidratación durante el amasado y el secado.

El contenido proteico de los polvos de quinua y de chía supera el 15%, representando un aspecto a considerarse en la sustitución total de la harina de trigo para elaborar fideos.

Bilbao (2007) argumentó que las características químicas de los carbohidratos determinan sus funciones y propiedades, por lo que afecta a los alimentos de diversas formas, principalmente el sabor, la viscosidad, la textura y el color. Esto quiere decir que las propiedades de los alimentos naturales y procesados dependen del tipo de carbohidratos que contengan y de las reacciones que provoquen.

De acuerdo con Ramírez (2007), ambos tipos de harina tienen un contenido de humedad inferior al 15 %, y las harinas con un contenido de humedad superior al 15 % son susceptibles al ataque microbiano.

El contenido de humedad de la harina de quinua y chía (8,13% y 4,02%, respectivamente) cumple con los límites máximos permisibles establecidos por la NTP 011.456:2015 Granos Andinos, que especifica un contenido máximo de humedad del 15% para la harina de grano.

Los pseudocereales como el amaranto, la quinua y la chía son considerados cultivos importantes para la seguridad alimentaria por su valor nutricional y propiedades funcionales. Contienen una alta concentración de proteína (Carrillo et al., 2015) y almidón, por lo que la fuente de este polisacárido aumenta en comparación con los almidones más comunes en la industria, que provienen de: maíz (80,9%), trigo (8,6. %), papas (5,3%), arroz y yuca (5,1%) (Bart et al., 2013). La quinua y su almidón reemplazan alimentos procesados como harina, sopas, cereales y cerveza, galletas saladas, pan, productos congelados, batidos y pastas (Bhargava et al., 2006; Repo-Carrasco et al., 2006), debido al buen comportamiento de este almidón con suficiente gelatinización, absorción de agua y estabilidad térmica (Bhargava et al., 2006).

4.2 Caracterización fisicoquímica de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía

4.2.1 Evaluación estadística de la humedad de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía

En la tabla 12 se presenta los valores promedio de humedad de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía.

Los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interactiva de las variables independientes estudiadas se muestran en la tabla 13, donde se observa que la variable harina de quinua tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre los términos lineales y cuadráticos de la variable harina de chía. Importante en cualquier momento. El diagrama de Pareto muestra la importancia de las variables estudiadas (Figura 9). Los coeficientes de regresión representan errores estándar, valores t-Student (sujetos a grados de libertad y error experimental), probabilidades de términos lineales (L) y cuadráticos (Q), e interacciones de variables. Variaciones: Harina de quinua (x_1) y harina de semillas de Chía (x_2).

Tabla 12*Valores promedio de humedad del fideo sin gluten según diseño experimental*

Tratamientos	HQ (%)	HCh (%)	Humedad (%)
T1	77	8	8,36
T2	91	8	9,24
T3	77	22	8,83
T4	91	22	10,11
T5	74	15	8,09
T6	94	15	10,77
T7	84	5	8,52
T8	84	25	8,96
T9	84	15	8,23
T10	84	15	8,29
T11	84	15	8.,8

HQ: Harina de quinua, HCh: Harina de chía

Tabla 13*Coefficientes de regresión de variable humedad del fideo sin gluten*

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	8,234245	0,163568	50,34154	0,000000
X₁(L)	0,741010	0,099671	7,43458	0,000694
X₁(Q)	0,602335	0,117602	5,12183	0,003701
X₂(L)	0,243586	0,099671	2,44391	0,058372
X₂(Q)	0,264235	0,117602	2,24687	0,074569
X₁.X₂	0,100000	0,141673	0,70585	0,511801

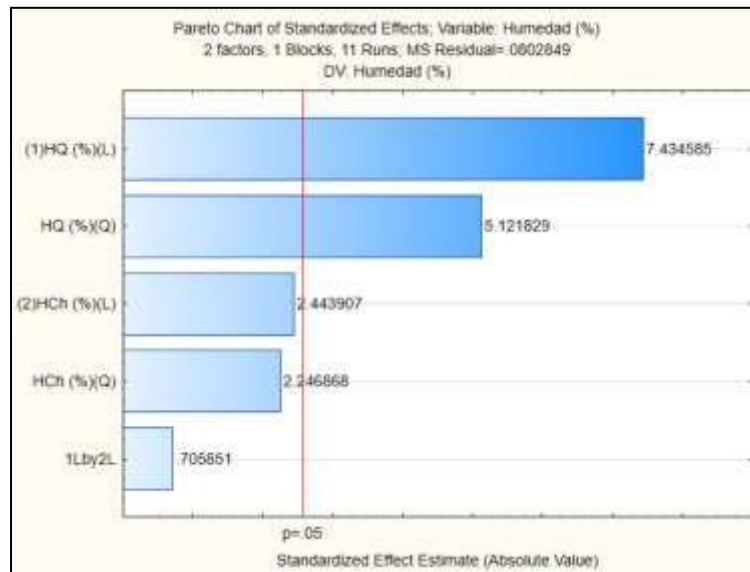
X₁=Harina de quinua, X₂=harina de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El valor de r² determinado experimentalmente para la variable humedad fue de 94,65%, y luego de no considerar los términos no significativos (p>0,05), el nuevo valor de r² fue de 89,31%; este valor fue superior al 70%, lo que confirma la idoneidad del diseño propuesto. La repetibilidad del diseño es buena debido a la cercanía de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Figura 9

Diagrama de Pareto para la variable humedad del fideo sin gluten



La tabla 14 muestra el análisis de varianza (ANOVA) que indica el término lineal del modelo de humedad para harina de quinua para fideos sin gluten fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$) con un valor adicional de r^2 de 0,8931, lo que permite una superficie de respuesta (Fig. 10).

Tabla 14

ANOVA para la variable humedad del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%) (L)	4,437592	1	4,437592	55,27305	0,000694
HQ (%) (Q)	2,106125	1	2,106125	26,23313	0,003701
(2)HCh (%) (L)	0,479516	1	0,479516	5,97268	0,058372
HCh (%) (Q)	0,405312	1	0,405312	5,04842	0,074569
1L by 2L	0,040000	1	0,040000	0,49823	0,511801
Error	0,401425	5	0,080285		
Total SS	7,507291	10			

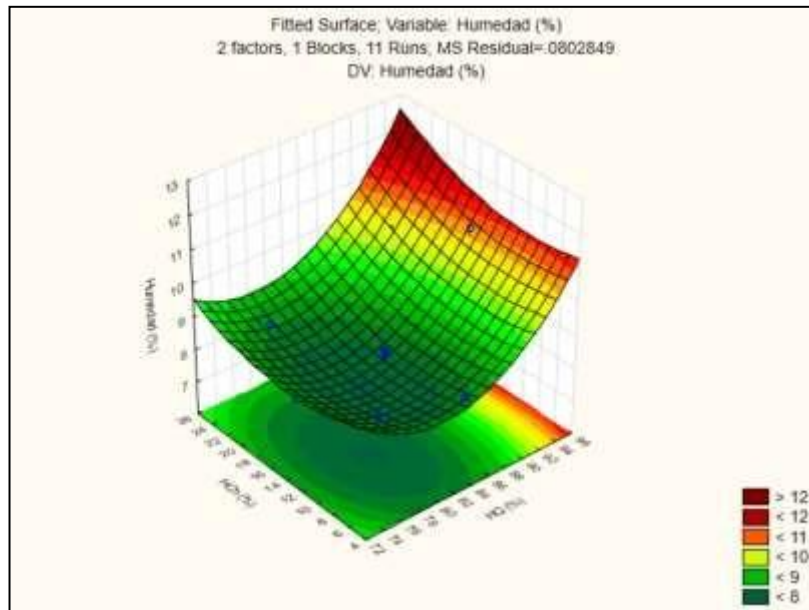
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chía
Fuente: Statística v. 12.0

El modelo de codificación expresado en la ecuación (1) se obtiene en base a los coeficientes de regresión y los resultados de ANOVA.

$$\text{Humedad} = 8,2342 + 0,7410x_1 + 0,6023x_1^2 + 0,2435x_1x_2 \dots \dots \dots (1)$$

Figura 10

Superficie de respuesta de la variable humedad del fideo sin gluten



La figura 10 muestra la superficie de respuesta donde se aprecia que conforme aumenta la adición de harina de quinua aumenta la humedad, esto se debe a la importante capacidad de absorción de agua que presenta esta harina.

“Los valores de humedad para todas las formulaciones según el diseño planteado fueron menores al 15%” (Tabla 12) que es el valor máximo permitido por la **NTP 206.010:2016: Pastas o fideos para consumo humano. Requisitos.**

Un alto contenido de humedad (>13%) aumenta el riesgo de cambios microbiológicos en el producto, ya que se descompone más fácilmente y, por tanto, al perder las propiedades organolépticas deseadas, adquiere una infección virulenta. (Gonzales *et al.*, 2022).

4.2.2 Evaluación estadística de la acidez de los fideos sin gluten con harina de quinua y harina de chía

Los resultados promedio de acidez de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía, se muestran en la tabla 15.

Tabla 15*Valores promedio de acidez del fideo sin gluten según diseño experimental*

Tratamientos	HQ (%)	HCh (%)	Acidez* (%)
T1	77	8	0,16
T2	91	8	0,19
T3	77	22	0,17
T4	91	22	0,21
T5	74	15	0,15
T6	94	15	0,2
T7	84	5	0,18
T8	84	25	0,16
T9	84	15	0,14
T10	84	15	0,14
T11	84	15	0,16

HQ: Harina de quinua, HCh: Harina de chía
* Expresado como ácido láctico

Los valores de los índices de regresión lineal, cuadrática e interactiva de las variables independientes estudiadas se muestran en la tabla 16, donde se observó que la variable harina de quinua es significativa ($p < 0.05$) sobre los términos de linealidad y cuadráticos, la variable harina de chía, no mostró significancia. La importancia de las variables estudiadas se refleja en la representación de Pareto (Figura 11). Los índices de regresión representan errores estándares, valores t-student (sujetos a grados de libertad y error del experimento), probabilidades de términos de linealidad (L) y cuadráticos (Q), e interacciones de variables. Variaciones: Harina de quinua (x_1) y harina de semillas de Chía (x_2). La repetibilidad del experimento es buena debido a la cercanía de los valores medios obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 16

Coefficientes de regresión de variable acidez del fideo sin gluten

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	0,146810	0,007818	18,77888	0,000008
X₁(L)	0,017500	0,004764	3,67352	0,014390
X₁(Q)	0,016389	0,005621	2,91569	0,033180
X₂(L)	0,000177	0,004764	0,03711	0,971836
X₂(Q)	0,013939	0,005621	2,47981	0,055854
X₁.X₂	0,002500	0,006771	0,36920	0,727096

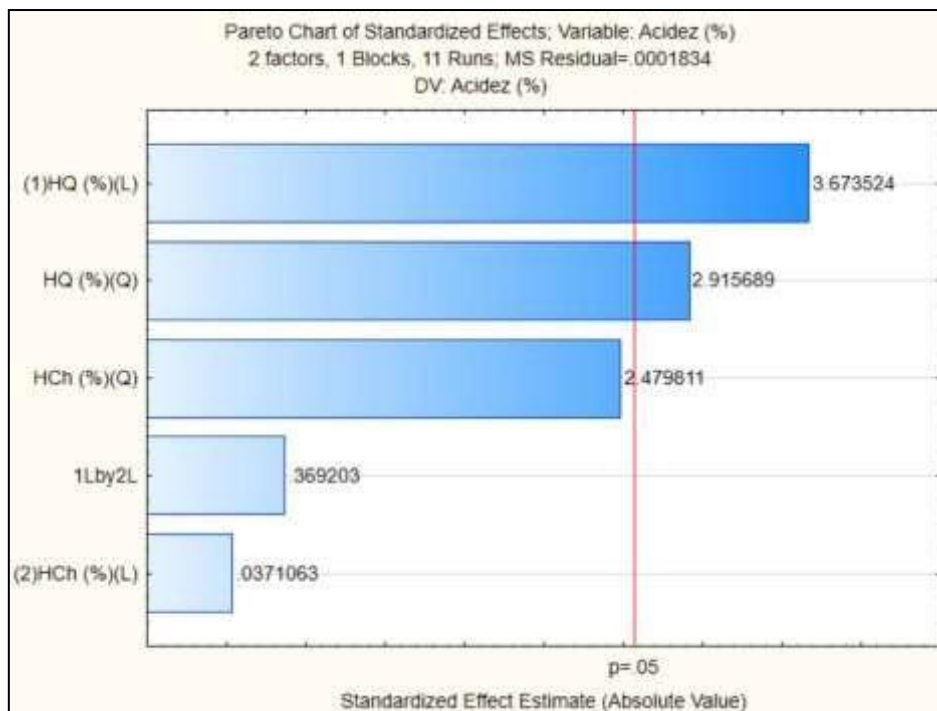
X₁=Harina de quinua, X₂=harina de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

Para la variable acidez el valor de r^2 del diseño experimental fue de 83,30% obviando ítems no significativos ($p>0,05$), el valor de r^2 fue de 65,60%; por tanto, no fue posible construir un modelo matemático para modelar una superficie de respuesta o ajustar el modelo a la ecuación, dado que este valor era inferior al 70%.

Figura 11

Representación de Pareto para la variable acidez del fideo sin gluten



Con estos resultados encontrados no fue probable diseñar un modelo que se pueda evaluar la variación de la acidez en el fideo sin gluten, con ninguna formulación de harina de quinua ni de harina de chía.

La acidez del fideo sin gluten mostraron valores que fluctuaron entre 0,14% a 0,21% (expresado como ácido láctico).

Mirando el gráfico de Pareto en la figura, es claro que la adición de harina de quinua afecta el cambio en la acidez, pero el cambio no determina estadísticamente qué tratamiento es mejor o cuál es diferente de los otros tratamientos.

Según González et al. (2022) aseguran que la acidez hace que la pasta sea inofensiva y previene enfermedades, lo que sugiere que los niveles de acidez de 0,4 % o menos garantizan productos seguros para el consumo humano.

La acidez en los fideos se asocia con los efectos enzimáticos de los carbohidratos que representan el compuesto principal de las materias primas. Este movimiento es apoyado en algunas etapas, especialmente en el secado. Cuanto mayor sea el contenido de agua en la pasta ayudará al efecto enzimático que aumentará la acidez. (Leitão et al., 1990 citado por Ramírez-Chicas, 2015).

4.2.3 Evaluación estadística de la proteína de los fideos sin gluten con harina de quinua y harina de chía

Los resultados promedio de proteína de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía, se muestran en la tabla 17.

Los valores de los índices de regresión lineal, cuadrática e interactiva de las variables independientes estudiadas se muestran en la tabla 18, donde se observó que la variable harina de quinua tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) en los términos de linealidad y cuadrático, y la variable harina de semilla de chía tuvo un efecto significativo en el puesto de linealidad. La representación de Pareto expresa la importancia de las variables estudiadas (Figura 12). Los índices de regresión representan errores estándar, valores t-student (sujetos a grados de libertad y error del experimento) y probabilidades para términos lineales (L), cuadráticos (Q) e interacciones variables Harina de quinua (x_1) y harina de chía (x_2).

Tabla 17*Valores promedio de proteína del fideo sin gluten según diseño experimental*

Tratamientos	HQ (%)	HCh (%)	Proteína (%)
T1	77	8	12,63
T2	91	8	13,51
T3	77	22	13,09
T4	91	22	14,38
T5	74	15	12,36
T6	94	15	14,68
T7	84	5	12,09
T8	84	25	14,29
T9	84	15	12,51
T10	84	15	12,57
T11	84	15	12,49

HQ: Harina de quinua, HCh: Harina de chía

Tabla 18*Coefficientes de regresión de variable proteína del fideo sin gluten*

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	12,52421	0,190633	65,69791	0,000000
X₁(L)	0,67861	0,116163	5,84187	0,002080
X₁(Q)	0,50364	0,137061	3,67460	0,014374
X₂(L)	0,55346	0,116163	4,76450	0,005039
X₂(Q)	0,34194	0,137061	2,49483	0,054836
X₁.X₂	0,10250	0,165116	0,62078	0,561946

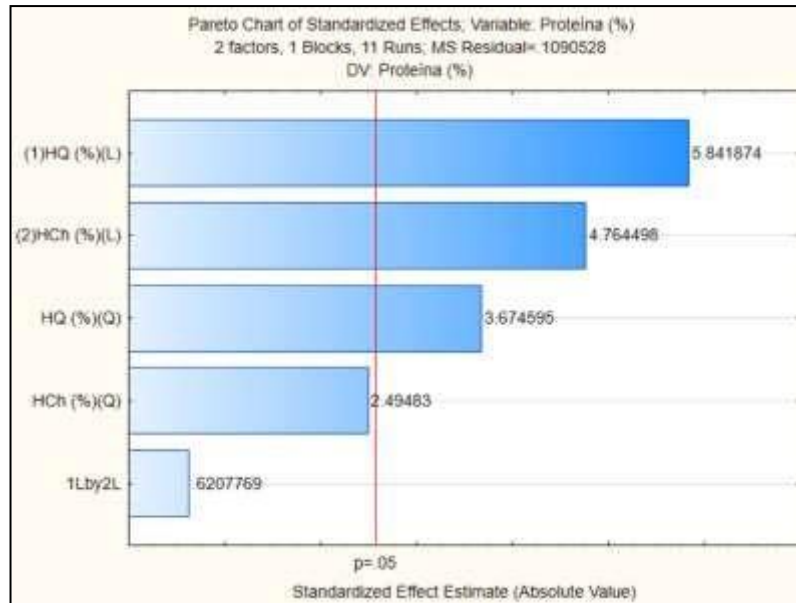
x₁=Harina de quinua, x₂=harina de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El valor de r^2 para el diseño propuesto de la variable proteína ascendió a 93,57%, obviando los términos no significativos ($p>0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 87,15%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior a 70%. La repetibilidad del diseño fue buena debido a la cercanía de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Figura 12

Diagrama de Pareto para la variable proteína del fideo sin gluten



El análisis de varianza (ANOVA), tabla 19, describe que el modelo para la proteína del fideo sin gluten el término lineal y cuadrático harina de quinua y término lineal harina de chía fue estadísticamente significativo ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,8715, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 13).

Tabla 19

ANOVA para variable proteína del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%) (L)	3,721697	1	3,721697	34,12749	0,002080
HQ (%) (Q)	1,472501	1	1,472501	13,50265	0,014374
(2)HCh (%) (L)	2,475546	1	2,475546	22,70044	0,005039
HCh (%) (Q)	0,678764	1	0,678764	6,22418	0,054836
1L by 2L	0,042025	1	0,042025	0,38536	0,561946
Error	0,545264	5	0,109053		
Total SS	8,486073	10			

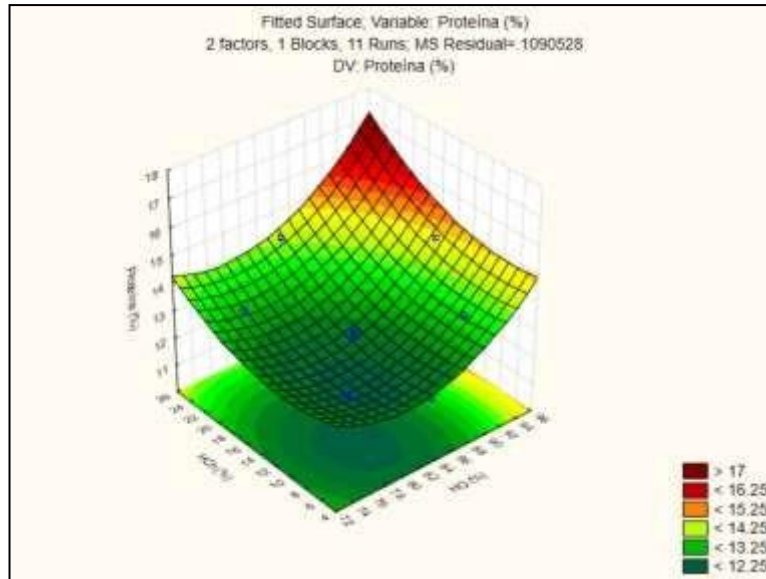
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chía
Fuente: Statistica v. 12.0

Con base en los coeficientes de regresión y los resultados de ANOVA, se creó un modelo de codificación como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Proteína} = 12,5242 + 0.6786x_1 + 0.5036x_1^2 + 0.5534x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (2)$$

Figura 13

Superficie de respuesta de la variable proteína del fideo sin gluten



La representación de la superficie de respuesta de la figura 13 se observar que al aumentar la adición de harina de quinua y harina de chía aumenta el valor proteico, esto se debe los valores importantes de proteína que contienen estos productos.

4.2.4 Evaluación estadística de fibra bruta de los fideos sin gluten con harina de quinua y harina de chía

Los resultados promedio de fibra bruta de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía, se muestran en la tabla 20.

En la Tabla 21 se muestran los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interactiva para las variables independientes estudiadas, se observó que la variable harina de quinua tuvo un efecto significativo en el valor lineal y cuadrático ($p < 0.05$), mientras que la variable harina de semilla de chía tuvo un efecto significativo en la expresión lineal. El diagrama de Pareto muestra la importancia de las variables estudiadas (Figura 14). Los coeficientes de regresión representan errores estándar, valores t-Student (sujetos a grados de libertad y error experimental) y probabilidades para términos lineales (L), cuadráticos (Q) e interacción de variables: Harina de quinua (x_1) y Harina de semilla de chía (x_2).

Tabla 20*Valores promedio de fibra bruta del fideo sin gluten según diseño experimental*

Tratamientos	HQ (%)	HCh (%)	Proteína (%)
T1	77	8	11,75
T2	91	8	12,63
T3	77	22	12,21
T4	91	22	13,49
T5	74	15	11,48
T6	94	15	14,16
T7	84	5	11,91
T8	84	25	12,41
T9	84	15	11,63
T10	84	15	11,69
T11	84	15	11,61

HQ: Harina de quinua, HCh: Harina de chía

Tabla 21.*Coefficientes de regresión de variable fibra bruta del fideo sin gluten*

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	11,64397	0,158409	73,50577	0,000000
X₁(L)	0,74101	0,096527	7,67669	0,000598
X₁(Q)	0,58775	0,113893	5,16054	0,003583
X₂(L)	0,25172	0,096527	2,60773	0,047801
X₂(Q)	0,26435	0,113893	2,32102	0,067967
X₁.X₂	0,10000	0,137205	0,72884	0,498793

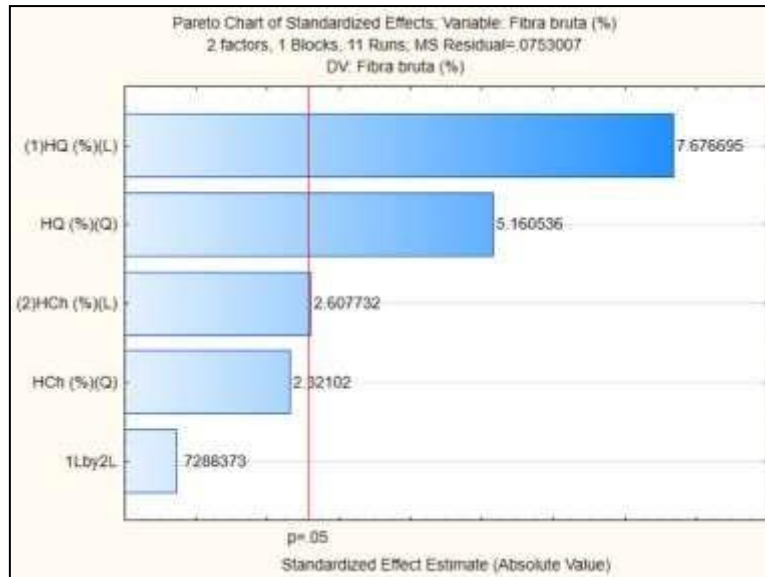
x₁=Harina de quinua, x₂=harina de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

Para la variable fibra cruda del diseño experimental el valor de r^2 fue de 94,92% excluyendo valores no significativos ($p>0,05$), el nuevo valor de r^2 fue de 89,85%; este valor fue superior al 70%, lo que confirma la idoneidad del diseño propuesto. La repetibilidad del experimento es buena por la cercanía de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Figura 14

Representación de Pareto de la variable fibra bruta del fideo sin gluten



El análisis de varianza (ANOVA), tabla 22, describe que para la fibra bruta del fideo sin gluten, el término lineal y cuadrático harina de quinua y término lineal harina de chíá fue estadísticamente significativo ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,8985, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 15).

Tabla 22

ANOVA para variable fibra bruta del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%) (L)	4.437592	1	4.437592	58.93164	0.000598
HQ (%) (Q)	2.005342	1	2.005342	26.63113	0.003583
(2)HCh (%) (L)	0.512065	1	0.512065	6.80027	0.047801
HCh (%) (Q)	0.405655	1	0.405655	5.38713	0.067967
1L by 2L	0.040000	1	0.040000	0.53120	0.498793
Error	0.376503	5	0.075301		
Total SS	7.419000	10			

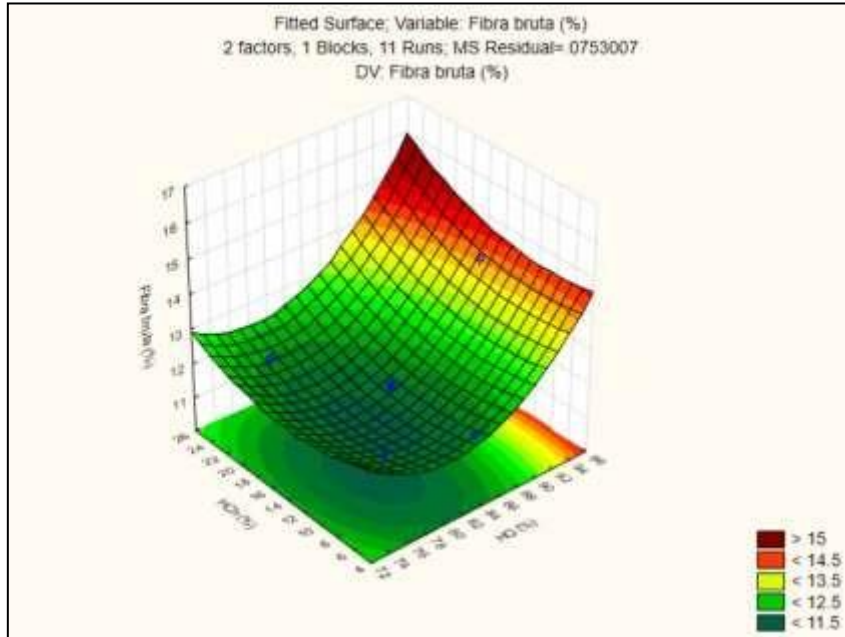
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chíá
Fuente: Statistica v. 12.0

Con base en los índices de regresión y los resultados de ANOVA, se creó un modelo de codificación como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Fibra bruta} = 11,6439 + 0,7410x_1 + 0,5877x_1^2 + 0,2517x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (3)$$

Figura 15

Superficie de respuesta de la variable fibra bruta del fideo sin gluten



En la representación de la superficie de respuesta de la figura 15 se visualiza que conforme aumenta la harina de quinua y harina de chía aumenta el valor de fibra bruta, esto se debe que estos productos contienen apreciables cantidades de fibra.

4.2.5 Evaluación estadística de la textura analítica (dureza) de los fideos sin gluten con harina de quinua y harina de chía

Los resultados promedio de la dureza de los fideos sin gluten con harina de quinua y harina de chía se muestran en la tabla 23, valores expresados como el trabajo que se ejerce para romper los fideos cocidos al dente de las formulaciones según el diseño planteado.

Según Anzaldúa (2010) expresa que la dureza es la resistencia inicial que ofrece la pasta cocida a la penetración cuando se aplasta entre los dedos o cuando se muerde.

Tabla 23*Valores promedio de dureza del fideo sin gluten según diseño experimental*

Tratamientos	HQ (%)	HCh (%)	Dureza (mJ)
T1	77	8	0,062
T2	91	8	0,068
T3	77	22	0,067
T4	91	22	0,081
T5	74	15	0,065
T6	94	15	0,074
T7	84	5	0,077
T8	84	25	0,071
T9	84	15	0,078
T10	84	15	0,079
T11	84	15	0,082
Testigo	-	-	0,091

HQ: Harina de quinua, HCh: Harina de chía

En la tabla 24 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable, harina de quinua tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal, así como la variable harina de chía tuvo significancia en el término cuadrático y la interacción de ambas variables. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 16). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: Harina de quinua (x_1) y harina de chía (x_2).

El valor de r^2 para la variable dureza del diseño experimental fue de 97,42%, obviando los factores no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor de r^2 fue de 94,84%; este valor fue superior al 70%, lo que confirma la idoneidad del diseño propuesto. Los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11) son cercanos por la buena repetibilidad del experimento.

Tabla 24

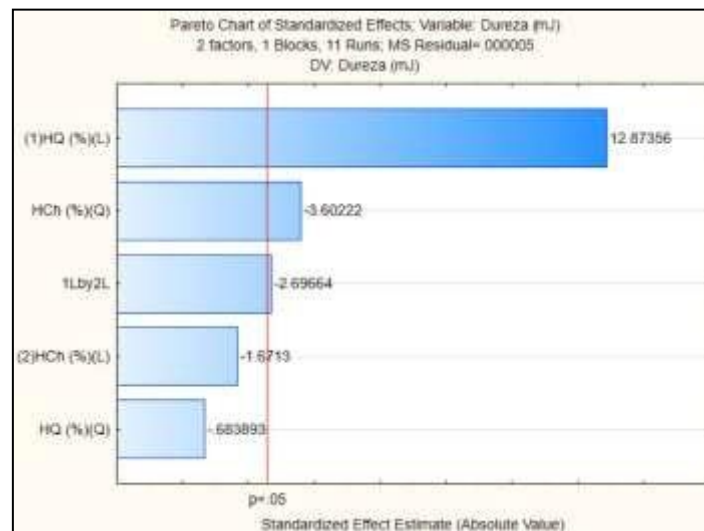
Coefficientes de regresión de variable dureza del fideo sin gluten

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	0,079634	0,002773	28,71291	0,000000
X₁(L)	0,004066	0,001690	2,40569	0,000050
X₁(Q)	-0,005555	0,001994	-2,78597	0,524444
X₂(L)	0,001167	0,001690	0,69033	0,155525
X₂(Q)	-0,003350	0,001994	-1,68019	0,015507
X₁.X₂	0,002000	0,002402	0,83257	0,042956

X₁=Harina de quinua, X₂=harina de chí, L=término lineal, Q=término cuadrático.
* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

Figura 16

Representación de Pareto para la variable dureza del fideo sin gluten



El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 25, describe que el modelo para la dureza del fideo sin gluten, el término lineal harina de quinua, término cuadrático harina de chí e interacción de ambos fue estadísticamente significativo (p<0,05), además el valor de r² fue de 0,9484, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 17).

Tabla 25

ANOVA para variable dureza del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%) (L)	0,000820	1	0,000820	165,7286	0,000050
HQ (%) (Q)	0,000002	1	0,000002	0,4677	0,524444
(2)HCh (%) (L)	0,000014	1	0,000014	2,7933	0,155525
HCh (%) (Q)	0,000064	1	0,000064	12,9760	0,015507
1L by 2L	0,000036	1	0,000036	7,2719	0,042956
Error	0,000025	5	0,000005		
Total SS	0,000960	10			

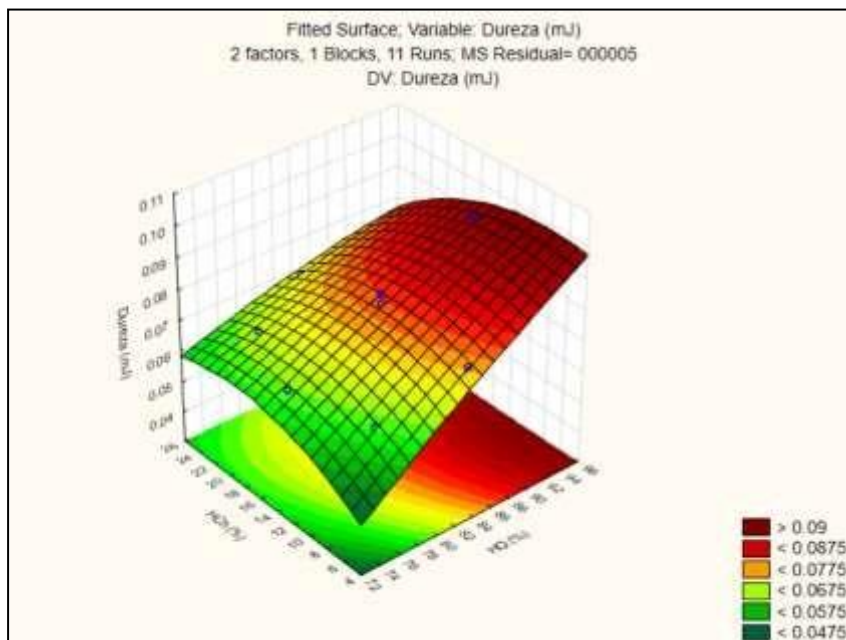
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chía
Fuente: Statistica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Dureza} = 0,7963 + 0,01007x_1 - 0,0006x_1^2 - 0,0013x_1.x_2 \dots \dots \dots (4)$$

Figura 17

Superficie de respuesta de la variable dureza del fideo sin gluten



En la representación de la superficie de respuesta de la figura 17 se visualiza que conforme aumenta la adición de harina de quinua y harina de chía aumenta el valor de dureza, esto se debe que estos productos no contienen gluten y por ello se resquebrajan con más facilidad.

Por otro lado, Okawa y Adachi (2017) indicaron que el paso más difícil en el proceso de producción de pasta es el secado. Algunos estudios han demostrado cómo las condiciones de temperatura y humedad de las operaciones de secado afectan la calidad de la pasta (Pawińska et al., 2016). Por otro lado, Peña (2019) destaca que un secado adecuado puede asegurar la estabilidad, resistencia, cohesión de la pasta, un mejor desempeño durante la cocción, reducir el riesgo de crecimiento microbiano y aumentar su vida útil.

4.3 Caracterización sensorial de los fideos sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía

Los resultados promedio de la evaluación sensorial del fideo sin gluten según planteamiento en esta investigación, se muestran en la tabla 26.

Tabla 26

Resultados de la evaluación sensorial de fideo sin gluten

Trat.	HQ (%)	HCh (%)	Color	Aroma	Textura	Sabor	Apariencia general
T1	77	8	5,08	5,46	5,24	5,61	5,29
T2	91	8	7,09	7,47	6,81	7,42	7,33
T3	77	22	5,41	5,79	5,57	5,94	5,62
T4	91	22	5,67	6,05	5,83	6,21	5,88
T5	74	15	4,46	4,84	4,62	4,99	4,67
T6	94	15	5,51	5,89	5,67	6,04	5,72
T7	84	5	6,51	6,36	6,44	6,73	6,73
T8	84	25	4,86	5,89	5,65	6,02	5,27
T9	84	15	6,13	6,51	6,29	6,68	6,34
T10	84	15	6,21	6,59	6,34	6,71	6,42
T11	84	15	6,16	6,54	6,32	6,69	6,37

HQ: Harina de quinua, HCh: Harina de chía
Fuente: Laboratorio de biotecnología industrial
Anexo 4

4.3.1 Evaluación estadística del atributo color

En la tabla 27 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable, harina de quinua tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático, la variable harina de chía tuvo significancia en el término lineal en el atributo **color**. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 18). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: Harina de quinua (x_1) y harina de chía (x_2).

Tabla 27

Coefficientes de regresión de variable color del fideo sin gluten

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	6,72934	0,216806	28,47218	0,000001
X₁(L)	0,466490	0,132112	3,53103	0,016721
X₁(Q)	-0,469229	0,155879	-3,01022	0,029748
X₂(L)	-0,426540	0,132112	-3,22864	0,023241
X₂(Q)	-0,462229	0,155879	-0,80979	0,454857
X₁.X₂	-0,875000	0,187785	-2,32979	0,067229

x_1 =Harina de quinua, x_2 =harina de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Para la variable COLOR el valor de r^2 del diseño fue de 88,21% obviando ítems sin significancia ($p > 0,05$), el nuevo valor de r^2 fue de 76,41%; este valor fue superior al 70%, lo que confirma la idoneidad del diseño propuesto. Los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11) son cercanos por la buena repetibilidad del experimento.

El análisis de varianza (ANOVA) mostrados en la tabla 28, expresa que el modelo para el atributo **color** para el fideo sin gluten, el término lineal y cuadrático harina de quinua, término lineal harina de chía fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,8821, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 19).

Figura 18

Representación de Pareto para la variable COLOR del fideo sin gluten

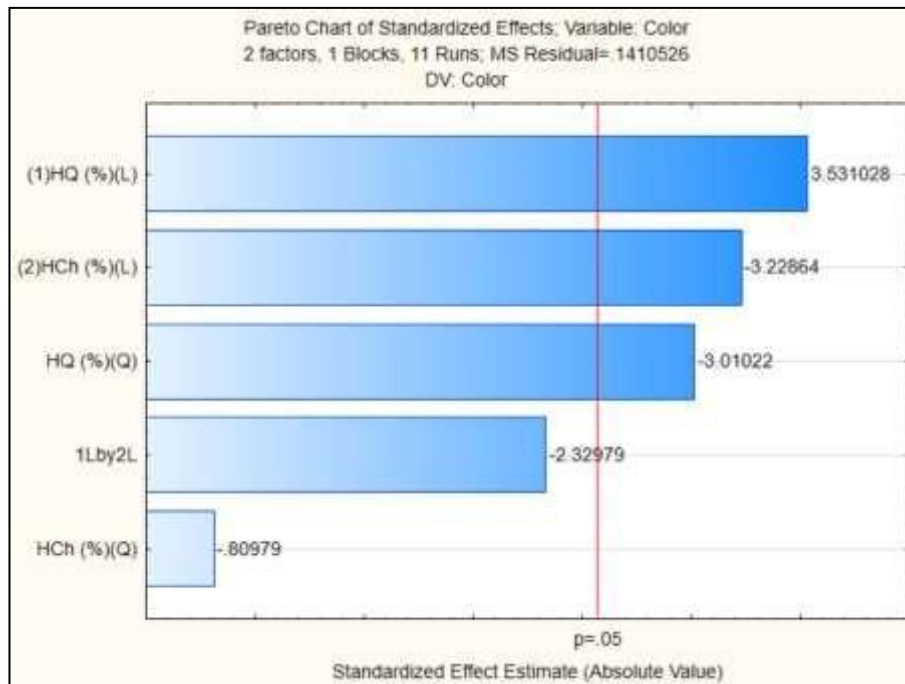


Tabla 28

ANOVA para variable color del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%) (L)	1,758667	1	1,758667	12,46816	0,016721
HQ (%) (Q)	1,278136	1	1,278136	9,06141	0,029748
(2)HCh (%) (L)	1,470346	1	1,470346	10,42409	0,023241
HCh (%) (Q)	0,092497	1	0,092497	0,65576	0,454857
1L by 2L	0,765625	1	0,765625	5,42794	0,067229
Error	0,705263	5	0,141053		
Total SS	5,979673	10			

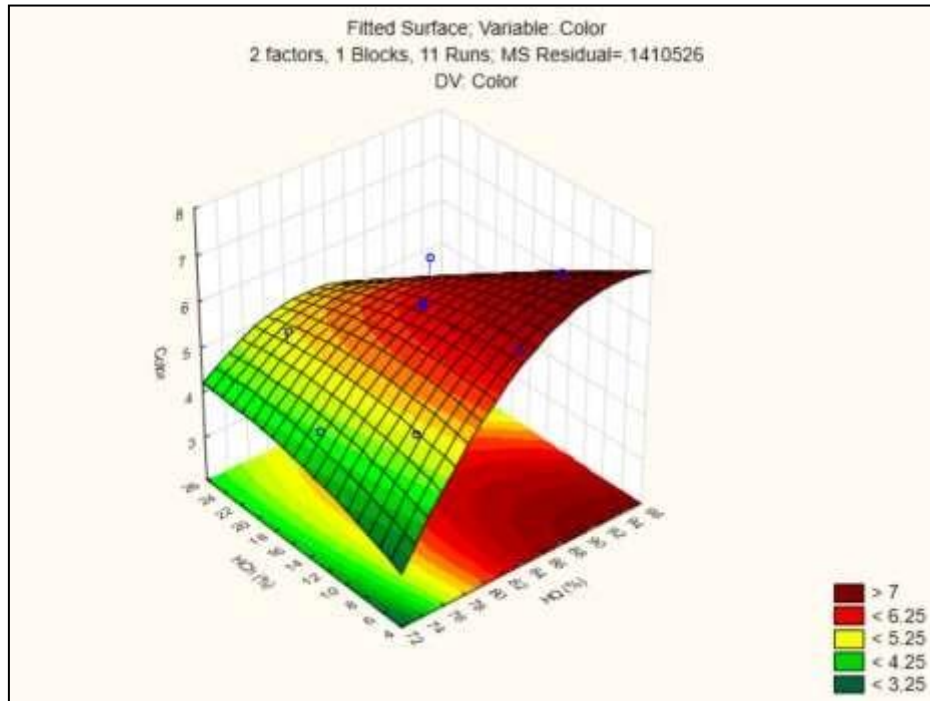
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chía
Fuente: Stastitica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Color} = 6,1793 + 0,4665x_1 - 0,4692x_1^2 - 0,4265x_2 - 0,4622x_2^2 - 0,4375x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (5)$$

Figura 19

Superficie de respuesta del atributo color del fideo sin gluten



La superficie de respuesta de la figura 19 representa la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo color del fideo sin gluten, por lo que puede calcularse los valores óptimos de harina de quinua y harina de chía que se debe utilizar para lograr una pasta con el mayor puntaje de color. Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (5) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Analizando la variable x_1 (harina de quinua):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,4665 - 0,4692x_2 = 0$$

$$x_1 = 0,99$$

Analizando la variable x_2 (harina de chía):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0,4265 - 0,4622x_2 = 0$$

$$x_2 = -0,97$$

Dado que x_1 y x_2 son valores codificados, el valor real se calculó utilizando el programa estadístico que se muestra en la Tabla 9. Para que los fideos sin gluten tengan las máximas propiedades de color, los valores óptimos para la harina de quinua serían 90-93%. y 8,21% para harina de semillas de chía. Estos valores se pueden visualizar en la superficie de respuesta de la Figura 19.

4.3.2 Evaluación estadística del atributo aroma

Los índices de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas mostrados en la tabla 29, expresan que la variable, harina de quinua tuvo significancia ($p < 0,05$) en el término de linealidad y cuadrática, así como la interacción de ambas variables; la variable harina de chía no tuvo significancia en el atributo **AROMA**. El efecto significativo de las variables estudiadas se refleja en la representación de Pareto (Figura 20). Los índices de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: Harina de quinua (x_1) y harina de chía (x_2).

Tabla 29

Coefficientes de regresión de variable aroma del fideo sin gluten

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	6,552534	0,180231	36,35623	0,000000
X₁(L)	0,466490	0,109825	4,24758	0,008111
X₁(Q)	-0,476233	0,129583	-3,67513	0,014366
X₂(L)	-0,217955	0,109825	-1,98456	0,103970
X₂(Q)	-0,201766	0,129583	-0,80129	0,459334
X₁.X₂	-0,437500	0,156106	-2,80258	0,037878

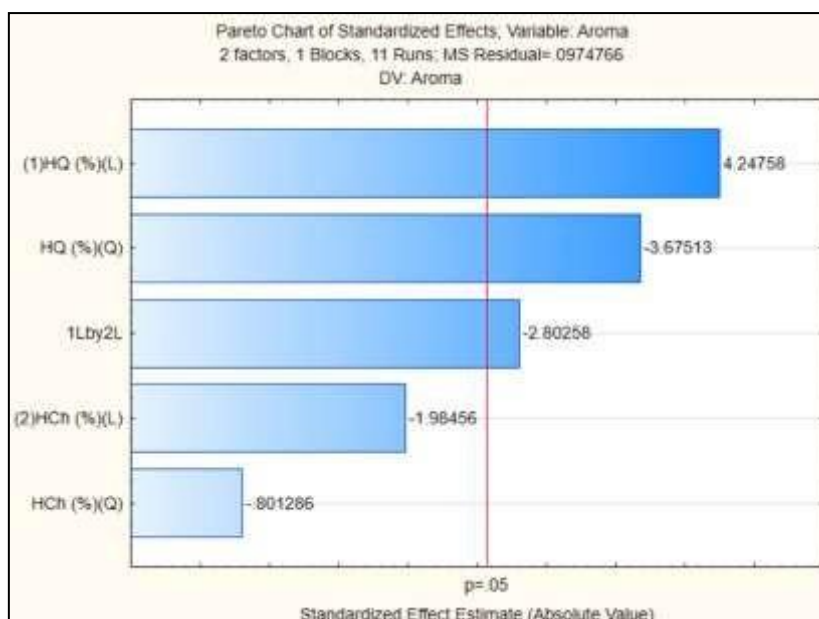
X₁=Harina de quinua, X₂=harina de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Para la variable AROMA el valor de r^2 según el diseño experimental fue de 89,68% excluyendo factores no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor de r^2 fue de 79,36%; este valor fue superior al 70%, lo que confirma la idoneidad del diseño propuesto. Los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11) son cercanos por la buena repetibilidad del experimento.

Figura 20

Representación de Pareto para la variable aroma del fideo sin gluten



El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 30, describe que el modelo para el atributo **aroma** del fideo sin gluten, el término de linealidad y cuadrático harina de quinua e interacción fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,7936, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 21).

Tabla 30

ANOVA para variable aroma del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%) (L)	1,758667	1	1,758667	18,04194	0,008111
HQ (%) (Q)	1,316576	1	1,316576	13,50658	0,014366
(2)HCh (%) (L)	0,383911	1	0,383911	3,93850	0,103970
HCh (%) (Q)	0,062586	1	0,062586	0,64206	0,459334
1L by 2L	0,765625	1	0,765625	7,85445	0,037878
Error	0,487383	5	0,097477		
Total SS	4,722655	10			

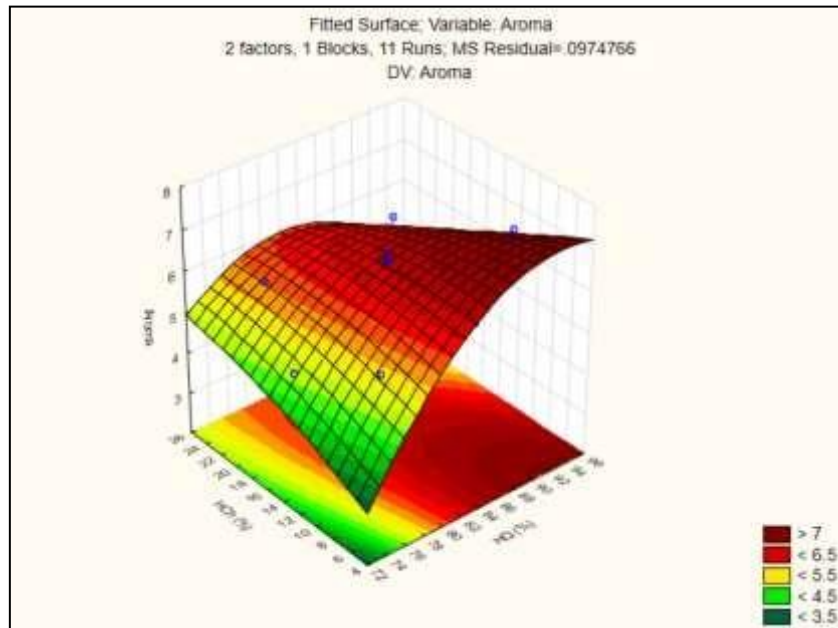
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chía
Fuente: Estadística v. 12.0

Se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación (6), con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA.

$$\text{Aroma} = 6,5525 + 0,4664x_1 - 0,4762x_1^2 - 0,2179x_2 - 0,2076x_2^2 - 0,4375x_1 \cdot x_2 \dots (6)$$

Figura 21

Superficie de respuesta del atributo aroma del fideo sin gluten



La superficie de respuesta de la figura 21 representa la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo AROMA del fideo sin gluten, por lo que puede calcularse los valores óptimos de harina de quinua y harina de chía que se debe utilizar para lograr una pasta con el mayor puntaje de color. Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (5) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Al analizar la variable x_1 (harina de quinua) se tiene:

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,4665 - 0,4762x_1 = 0$$

$$x_1 = 0,98$$

Analizando la variable x_2 (harina de chía), se tiene:

$$\frac{dy}{dx_2} = -0,2179 - 0,2076x_2 = 0$$

$$x_2 = -1,02$$

En tanto que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se debe calcular los valores reales utilizando la tabla 9. Para que el fideo sin gluten muestre máximo puntaje del atributo aroma, los valores óptimos de harina de quinua será 90,86% y de harina de chíá 7,86%, valores que se reflejan en la superficie de respuesta de la figura 21.

4.3.3 Evaluación estadística del atributo textura

Los índices de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas se muestran en la tabla 31, en ella se visualiza que la variable, harina de quinua tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el atributo **TEXTURA**, en el término lineal y cuadrático, la variable harina de chíá en el término lineal, así como la interacción de ambas variables. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 22). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: Harina de quinua (x_1) y harina de chíá (x_2).

Tabla 31

Coefficientes de regresión de variable TEXTURA del fideo sin gluten

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	6,320108	0,107850	58,60086	0,000000
X₁(L)	0,462045	0,065719	6,26981	0,001515
X₁(Q)	-0,513831	0,077542	-6,62650	0,001179
X₂(L)	-0,22075	0,131438	-3,34874	0,020357
X₂(Q)	-0,19903	0,077542	-0,93925	0,390725
X₁.X₂	-0,327500	0,093414	-3,50591	0,017176

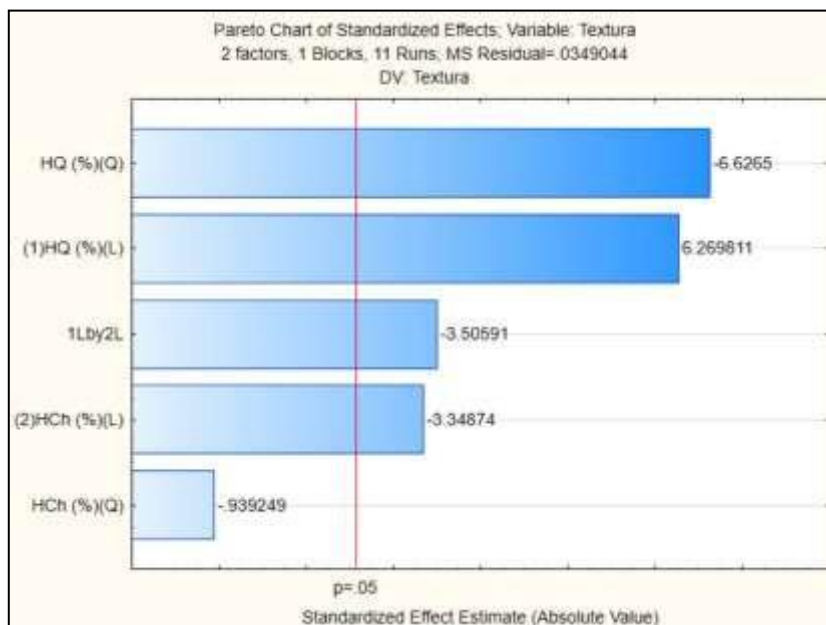
X₁=Harina de quinua, X₂=harina de chíá, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

Para la variable TEXTURA el valor de r^2 asciende a 95,57%, obviando factores no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 91,15; este resultado expresa el buen ajuste del diseño planteado por ser superior a 70%. Los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11) son cercanos por la buena repetibilidad del experimento.

Figura 22

Diagrama de Pareto para la variable **TEXTURA** del fideo sin gluten



El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 32, expresa que el modelo para el atributo **TEXTURA** del fideo sin gluten, el término de linealidad y cuadrático harina de quinua, término lineal harina de chí a e interacción de ambos fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9115, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 23).

Tabla 32

ANOVA para variable **TEXTURA** del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%)(L)	1,372111	1	1,372111	39,31053	0,001515
HQ (%)(Q)	1,532669	1	1,532669	43,91045	0,001179
(2)HCh (%)(L)	0,391420	1	0,391420	11,21407	0,020357
HCh (%)(Q)	0,030792	1	0,030792	0,88219	0,390725
1L by 2L	0,429025	1	0,429025	12,29142	0,017176
Error	0,174522	5	0,034904		
Total SS	3,943691	10			

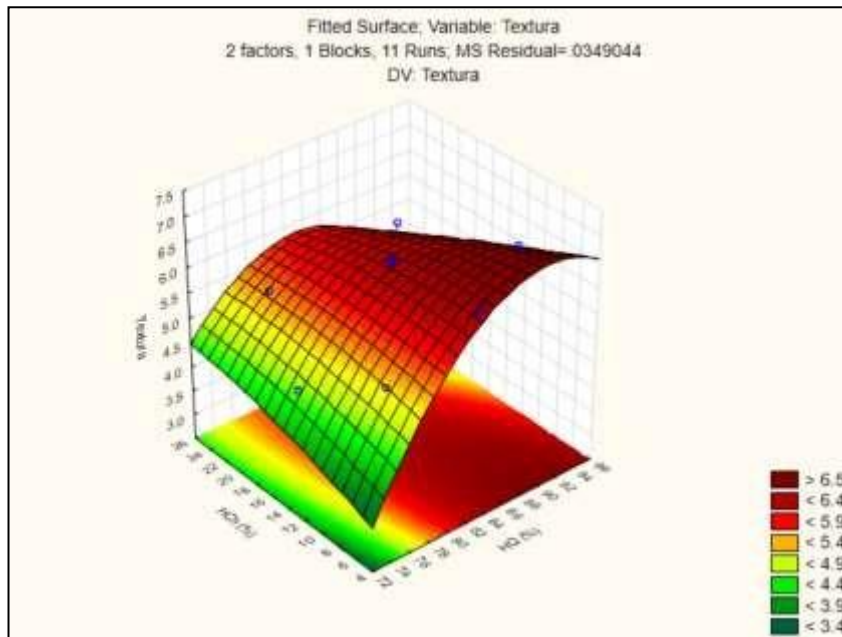
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chí a
Fuente: Statistica v. 12.0

Se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación (7), con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA.

$$\text{Textura} = 6,3201 + 0,4620x_1 - 0,5138x_1^2 - 0,2200x_2 - 0,1990x_2^2 - 0,3275x_1 \cdot x_2 \dots (7)$$

Figura 23

Superficie de respuesta del atributo TEXTURA del fideo sin gluten



La figura 23 visualiza la superficie de respuesta, ésta representa la optimización del puntaje máximo del atributo TEXTURA para fideos sin gluten para obtener los mejores valores de harina de quinua y harina de semillas de chía para usar en pasta para obtener el puntaje de textura más alto. Para obtener estos valores, derivamos la ecuación (7) de las variables estudiadas con detalles siguientes:

Analizando la variable x_1 (harina de quinua):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,4620 - 0,5138x_1 = 0$$

$$x_1 = 0,93$$

Analizando la variable x_2 (harina de chía):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0,2200 - 0,1990x_2 = 0$$

$$x_2 = -1,10$$

Considerando que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se debe calcular los valores reales utilizando el diseño estadístico mostrado en la tabla 9. Para que el fideo sin gluten presente máximo puntaje del atributo TEXTURA, los valores óptimos de harina de quinua será 90,58% y de harina de chía 7,8%. Estos valores se pueden visualizar en la superficie de respuesta de la figura 23.

4.3.4 Evaluación estadística del atributo sabor

Los índices de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas se muestran en la tabla 33, donde la variable, harina de quinua tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el atributo **SABOR**, en el término lineal y cuadrático, la variable harina de chía en el término lineal, así como la interacción de ambas variables. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 24). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: Harina de quinua (x_1) y harina de chía (x_2).

Tabla 33

Coefficientes de regresión de variable SABOR del fideo sin gluten

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	6,697889	0,136133	49,20120	0,000000
X₁(L)	0,472980	0,082953	5,34013	0,003089
X₁(Q)	-0,497572	0,097876	-5,08367	0,003823
X₂(L)	-0,234394	0,082953	-2,82562	0,036864
X₂(Q)	-0,226172	0,097876	-0,77824	0,471629
X₁.X₂	-0,385000	0,17910	-3,26519	0,022317

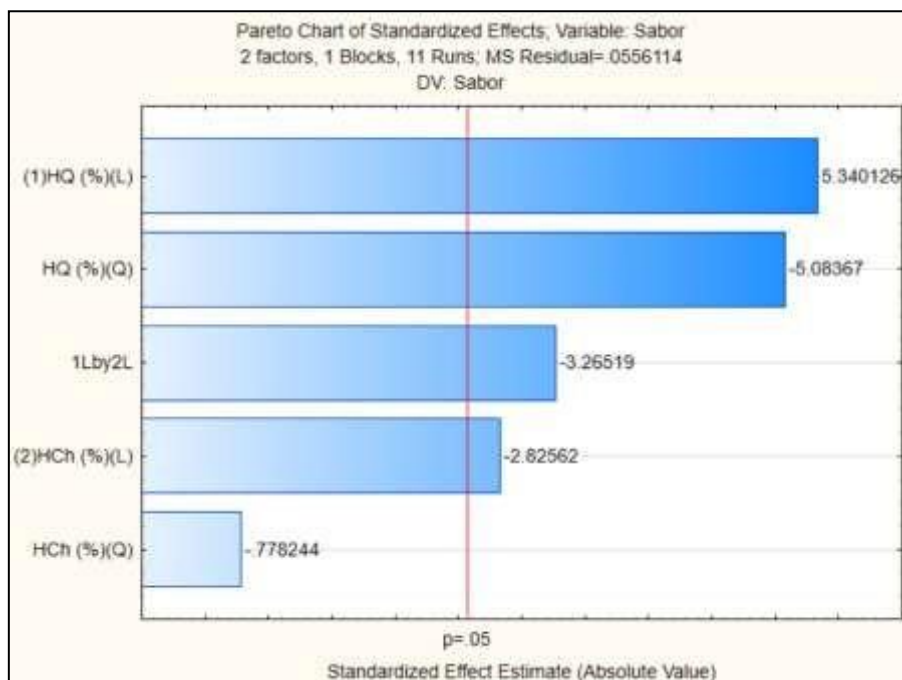
X₁=Harina de quinua, X₂=harina de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Para la variable SABOR el valor de r^2 asciende a 93,64%, obviando los términos sin significancia ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 87,28%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior a 70%. La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Figura 24

Diagrama de Pareto para la variable SABOR del fideo sin gluten



El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 34, describe que el modelo para el atributo **SABOR** del fideo sin gluten, el término lineal y cuadrático harina de quinua, término lineal harina de chía e interacción de ambos fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9115, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 25).

Tabla 34

ANOVA para variable SABOR del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%) (L)	1,585868	1	1,585868	28,51695	0,003089
HQ (%) (Q)	1,437205	1	1,437205	25,84371	0,003823
(2)HCh (%) (L)	0,444009	1	0,444009	7,98414	0,036864
HCh (%) (Q)	0,033682	1	0,033682	0,60566	0,471629
1L by 2L	0,592900	1	0,592900	10,66148	0,022317
Error	0,278057	5	0,055611		
Total SS	3,943691	10			

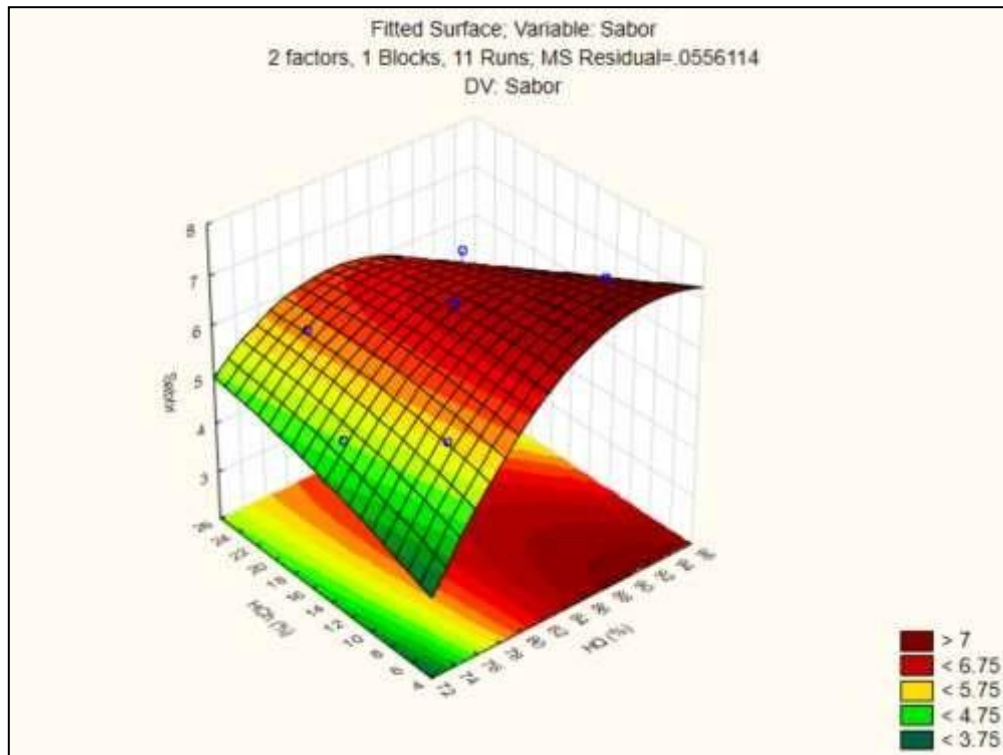
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chía
Fuente: Statistica v. 12.0

Se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación (8), con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA.

$$\text{Sabor} = 6,6979 + 0,4729x_1 - 0,4976x_1^2 - 0,2344x_2 - 0,2262x_2^2 - 0,3850x_1 \cdot x_2 \dots \quad (8)$$

Figura 25

Superficie de respuesta del atributo SABOR del fideo sin gluten



La representación de la superficie de respuesta de la figura 25 representa la optimización de puntuación máxima para el atributo SABOR para fideos sin gluten, por lo que se deben usar los valores óptimos para la harina de quinua y la harina de semillas de chía para lograr la puntuación de textura de sabor de pasta más alta. Para obtener estas concentraciones, derivamos la ecuación (8) de las variables estudiadas, como se detalla:

Analizando la variable x_1 (harina de quinua):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,4729 - 0,4976x_1 = 0$$

$$x_1 = 0,95$$

Analizando la variable x_2 (harina de chía):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0,2344 - 0,2262x_2 = 0$$

$$x_2 = - 1,03$$

Considerando que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 9. Para que el fideo sin gluten presente máximo puntaje del atributo SABOR, los valores óptimos de harina de quinua será 90,65% y de harina de chía 7,89%. Estos valores se pueden visualizar en la superficie de respuesta de la figura 25.

4.3.5 Evaluación estadística del atributo apariencia general

En la tabla 35 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable, harina de quinua tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el atributo **APARIENCIA GENERAL**, en el término lineal y cuadrático, la variable harina de chía en el término lineal, así como la interacción de ambas variables. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 26). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: Harina de quinua (x_1) y harina de chía (x_2).

Tabla 35

Coefficientes de regresión de variable APARIENCIA GENERAL del fideo sin gluten

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
Media	6,382336	0,191914	33,25627	0,000000
X₁(L)	0,470202	0,116944	4,02076	0,010113
X₁(Q)	-0,479699	0,137982	-3,47653	0,017725
X₂(L)	-0,396667	0,116944	-3,39195	0,019420
X₂(Q)	-0,385249	0,137982	-0,61783	0,563740
X₁.X₂	-0,445000	0,166225	-2,67710	0,043973

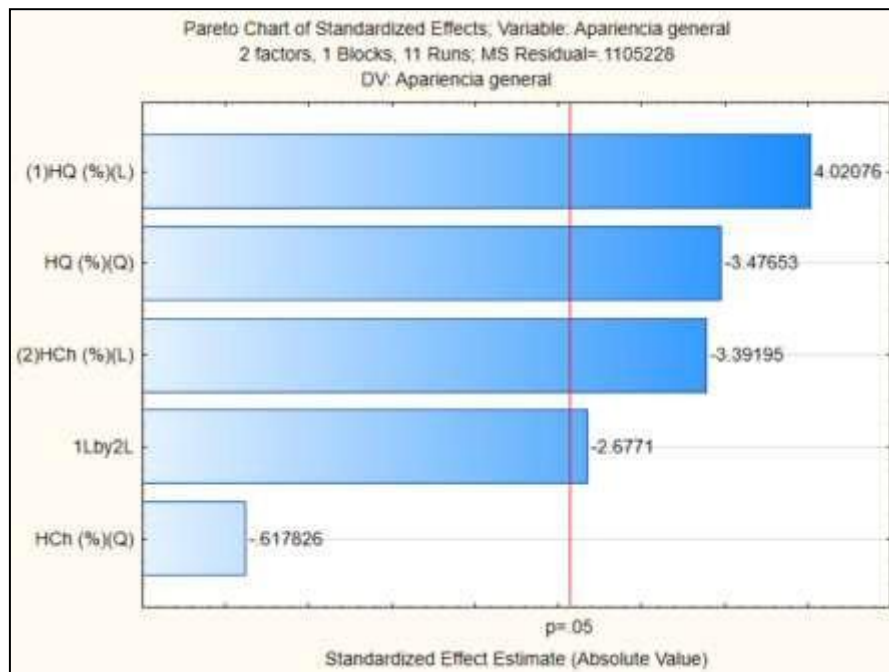
x_1 =Harina de quinua, x_2 =harina de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Para la variable APARIENCIA GENERAL el valor de r^2 asciende a 90,41%, obviando los términos sin significancia ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 80,82%; este valor expresa el buen ajuste del diseño planteado por ser superior a 70%. La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Figura 26

Diagrama de Pareto para la variable APARIENCIA GENERAL del fideo sin gluten



El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 36, describe que el modelo para el atributo **APARIENCIA GENERAL** del fideo sin gluten, el término lineal y cuadrático harina de quinua, término lineal harina de chía e interacción de ambos fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9115, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 27).

Tabla 36

ANOVA para variable APARIENCIA GENERAL del fideo sin gluten

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HQ (%) (L)	1,786768	1	1,786768	16,16651	0,010113
HQ (%) (Q)	1,335810	1	1,335810	12,08629	0,017725
(2)HCh (%) (L)	1,271600	1	1,271600	11,50532	0,019420
HCh (%) (Q)	0,042188	1	0,042188	0,38171	0,563740
1L by 2L	0,792100	1	0,792100	7,16685	0,043973
Error	0,552614	5	0,110523		
Total SS	5,762018	10			

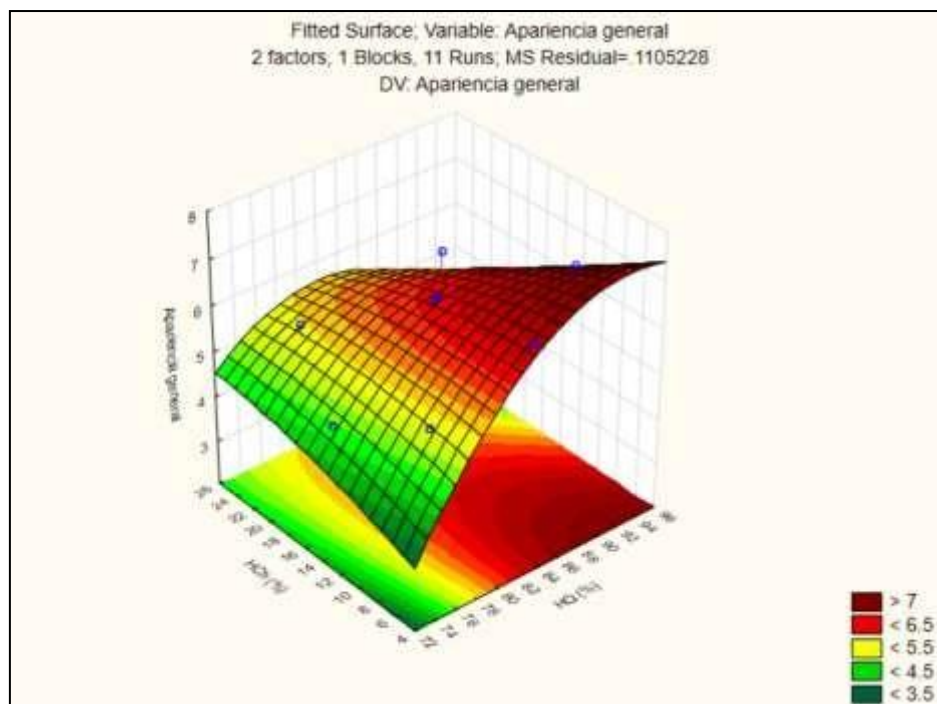
HQ=Harina de quinua, HCh=Harina de chía
Fuente: Statistica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Apariencia general} = 6,3823 + 0,4702x_1 - 0,4797x_1^2 - 0,3967x_2 - 0,3852x_2^2 - 0,4450x_1.x_2 \dots (9)$$

Figura 27

Superficie de respuesta del atributo APARIENCIA GENERAL del fideo sin gluten



La superficie de respuesta de la figura 27 representa la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo APARIENCIA GENERAL del fideo sin gluten, por lo que puede calcularse los valores óptimos de harina de quinua y harina de chíá que se debe utilizar para lograr una pasta con el mayor puntaje de apariencia general. Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (9) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Analizando la variable x_1 (harina de quinua):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,4702 - 0,4797x_1 = 0$$

$$x_1 = 0,98$$

Analizando la variable x_2 (harina de chíá):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0,3967 - 0,3852x_2 = 0$$

$$x_2 = -1,03$$

Considerando que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 9. Para que el fideo sin gluten presente máximo puntaje del atributo APARIENCIA GENERAL, los valores óptimos de harina de quinua será 90,86% y de harina de chíá 7,79%. Estos valores se pueden visualizar en la superficie de respuesta de la figura 27.

Utilizando el software STATISTICA, se evaluó los resultados del análisis sensorial, para el atributo color de fideo sin gluten con harina de quinua y harina de chíá, la mejor puntuación (7,09) por parte de los jueces fue cuando se utilizó 90,93% de harina de quinua y 8,21% de harina de chíá, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Para el caso del atributo aroma de fideo sin gluten con harina de quinua y harina de chíá, la mejor puntuación (7,47) por parte de los jueces fue cuando se utilizó 90,86% de harina de quinua y 7,86% de harina de chíá, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Para el caso del atributo TEXTURA de fideo sin gluten con harina de quinua y harina de chíá, la mejor puntuación (6,81) por parte de los jueces fue cuando se

utilizó 90,58% de harina de quinua y 7,8% de harina de chía, que corresponde entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”.

Para el caso del atributo SABOR de fideo sin gluten con harina de quinua y harina de chía, la mejor puntuación (7,42) por parte de los jueces fue cuando se utilizó 90,65% de harina de quinua y 7,89% de harina de chía, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Para el caso del atributo APARIENCIA GENERAL de fideo sin gluten con harina de quinua y harina de chía, la mejor puntuación (7,33) por parte de los jueces fue cuando se utilizó 90,86% de harina de quinua y 7,79% de harina de chía, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Con lo descrito y el análisis estadístico realizado con el software STATISITCA se puede deducir que el fideo sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía tiene aceptabilidad general por parte de los consumidores por la puntuación obtenida sensorialmente, y para ello en la formulación se debe utilizar en promedio 91% de harina de quinua y 8% de harina de chía con 1% de goma de tara (Formulación F2).

Además, los valores fisicoquímicos evaluados como humedad, proteína, fibra bruta y dureza le confieren al fideo sin gluten a base de harinas de quinua y chía como adecuada, muy nutritivo y saludable, al no haber utilizado harina de trigo en su elaboración.

La calidad de la pasta se probó con pruebas basadas en propiedades fisicoquímicas (acidez, humedad) y pruebas culinarias (Biernacka et al., 2018; Peña, 2019), así como con evaluaciones nutricionales y sensoriales (textura, sabor, color, aroma) .) (Larrosa) et al., 2016; Biernacka et al., 2017).

El color y la textura de la pasta constituyen características de calidad que están determinadas en gran medida por las características de los componentes de la materia prima (Biernacka et al., 2017).

Fuad y Prabhasankar (2010) y Biernacka et al., 2017) indicaron que para obtener pasta de alta calidad es necesario seleccionar correctamente las materias primas, ingredientes y aditivos utilizados, controlar las variables de entrada de la línea de producción y cumplir los requisitos del embalaje especificado y garantizar la vida útil del producto.

La satisfacción o aceptación del producto se mide por atributos como color, olor, sabor y textura, pero principalmente por la evaluación del consumidor basada en su propia escala de apreciación del producto (Anzaldúa, 1994).

4.4 Determinación del tiempo de cocción del fideo sin gluten

En la tabla 37 se muestra los resultados del tiempo de cocción del fideo sin gluten a base de harina de quinua y harina de chíá, indicándose las características obtenidas según el tiempo empleado. Se empleó 625 mL de agua para cocer 100 gramos de fideo sin gluten.

Tabla 37

Tiempo de cocción de los fideos sin gluten

Tiempo (min)	Característica
0	Fideo sin gluten al inicio
2	No estuvo al dente
4	Resistente al dente
8	Al dente, textura y consistencia adecuada
10	Se desintegran los fideos y presenta mayor cantidad de sólidos en el agua de cocción. Se desnaturalizan las proteínas

El tiempo óptimo de cocción del fideo sin gluten fue de 8 minutos, mostrando características aceptables.

CONCLUSIONES

- ✓ Los valores fisicoquímicos de la harina de quinua (HQ) fueron: humedad (8,13% ± 0,012), proteína (16,04% ± 0,019), grasa (4,89% ± 0,015), cenizas (2,77% ± 0,04), fibra bruta (2,61% ± 0,02), carbohidratos (65,56% ± 0,96) y de harina de chía fueron: humedad (4,02% ± 0,015), proteína (17,23% ± 0,26), grasa (8,04% ± 0,08), cenizas (2,94% ± 0,012), Fibra bruta (19,71% ± 0,14), carbohidratos (48,06% ± 0,82)
- ✓ La evaluación estadística por el método de superficie de respuesta comprobó que el uso harina de quinua y harina de chía en la elaboración de fideos sin gluten tuvo influencia significativa ($p < 0,05$) mostrando los mejores valores de humedad (8%-10%), proteína (12,25% a 14,25%), fibra bruta 11,5% a 12,5%) y dureza (0,0575mJ a 0,0675 mJ) cuando se emplearon 91% de harina de quinua, 8% de harina de chía y 1% de goma de tara.
- ✓ Los menores valores de dureza expresan que el empleo de harina de quinua y harina de chía en la elaboración de fideos sin gluten tienen influencia positiva sobre este criterio de calidad.
- ✓ Los atributos sensoriales evaluados por los panelistas del fideo sin gluten, mostraron valores de: color (7,09) aroma (7,47), textura (6,81), sabor (7,42), apariencia general (7,33) cuando se utilizó 91% de harina de quinua y 8% de harina de chía, valores que según escala hedónica corresponde entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”.
- ✓ Los fideos sin gluten obtenidos tuvieron aceptabilidad sensorial y de acuerdo a la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente”, además los parámetros fisicoquímicos encuadran al producto como nutritivo y saludable, que puede ser consumido por la población en general.

RECOMENDACIONES

- Evaluar las características tecnológicas (fracturabilidad) y funcionales (fibra dietética, polifenoles totales y capacidad antioxidante) del fideo sin gluten a base de harina de quinua y harina de chía.
- Emplear otras harinas sucedáneas, como harina de cañihua, mashua, en la producción de pastas alimenticias añadiendo otros insumos que le hagan saludable y más nutritivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcívar Cajas, D., & García Vera, D. (2021). *Desarrollo de pasta tipo Spaghetti y Lasagna, sustituyendo harina de trigo por harina de chíá (Salvia Hispánica) y harina de maíz (Zea Mays)*. Guayaquil, Ecuador: Tesis Facultad de Ingeniería Química Universidad de Guayaquil. Extraído de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54175>.
- Almirón, T. (2017). *Influencia del nivel nutricional en el rendimiento escolar de los niños y niñas de 5 años de la Institución educativa inicial N° 1177 Ccollpa del distrito de Llusco, provincia Chumbivilca – 2015*. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias de la Educación, universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Extraído de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3572>.
- Álvarez, L., & Avalos, Y. (2019). *Elaboración y evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la pasta enriquecida con harina de cañihua (Chenopodium Pallidicaule) y harina de chíá semidesgrasada (Salvia Hispanica L.)*. Tesis de pregrado, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional del Santa. Chimbote. Perú. Extraído de <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3229>.
- Ayerza. (2009). The seed's protein and oil content, fatty acid composition, and growing cycle length of a single genotype of chia (*Salvia hispanica L.*) as affected by environmental factors. *J Oleo Sci.*, 58(7), 347-354. DOI: [10.5650/jos.58.347](https://doi.org/10.5650/jos.58.347)
- Baud S, Lepiniec L. (2010). Physiological and developmental regulation of seed oil production Review Article. *Prog Lipid Res*; 49: 235-249. DOI: [10.1016/j.plipres.2010.01.001](https://doi.org/10.1016/j.plipres.2010.01.001)
- Bergesse, AE; Boiocchi, PN; Calandri, EL; Cervilla, NS; Gianna, V; Guzmán, CA; Miranda, V; Patricia, P; Montoya, PA; Mufari, JR. (2015). Aprovechamiento integral del grano de quinua: Aspectos Tecnológicos, Fisicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales. Córdoba, Argentina. Editora Grasso Florencia V.262 p
- Caminero A, Verdu EF. (2019). Celiac disease: should we care about microbes? *American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology.* 317(2):G161-70. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00099.2019>
- Casas Forero, N., Salgado, Y. N., Moncayo, D. C., & Cote, S. P. (2016). Efecto del proceso de malteado en la calidad y estabilidad de una bebida de quinua

- (*Chenopodium quinoa* Willd) y mango (*Mangifera indica*). *Agroindustrial Science*, 6(1), 77-83. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.09>.
- Casas, N. (2016). Alternativas para la generación del valor agregado en los cultivos de mango y quinua. (1a Edición). Bogotá - Colombia.
- Castillo, R., & Olivos, A. (2018). *Formulación de fideos con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) Y harina de loche (*Curcuvita moschata*)*. Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad Señor de Sipan, Pimentel, Lambayeque. Extraído de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7289>.
- Escalante, J. (2019). Pasta: propiedades, beneficios y valor nutricional. *La Vanguardia*. Obtenido de La Vanguardia: <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20190101/45382693233/8/pasta-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>.
- FAO (2013). Valor nutricional de la quinua. Obtenido de <https://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/alimento-nutritivo/es/>.
- FDA, Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos. 2021. Cómo usar la etiqueta de información nutricional. [Consultado el 2 de febrero de 2023]. <https://www.fda.gov/food/nutrition-education-resources-and-materials/como-usar-la-etiqueta-de-informacion-nutricional>.
- García, MR; Prieto, IG-S; Barrientos, Cecilia Espinoza Rebatta, FB; Morón, LG. 2009. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Lima-Perú. 64 p.
- García-Parra, M. Ángel, & Plazas-Leguizamón, N. Z. (2019). Análisis del ciclo de vida de las publicaciones sobre la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), a través de curvas en S. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(2), 379–391. <https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n2.2019.9189>.
- Hosseini SM, Soltanizadeh N, Mirmoghtadaee P, Banavand P, Mirmoghtadaie L, & Shojaee-Aliabadi S. 2018. Gluten-free products in celiac disease: Nutritional and technological challenges and solutions. *J Res Med Sci*. 23:109. eng. doi:10.4103/jrms.JRMS_666_18.
- IICA. (2015). *El mercado y la producción de quinua en el Perú*. Lima, Perú.
- Ivana, M. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*salvia hispanica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. (Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata). Repositorio institucional de la UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26984>

- Jiménez, P., Masson, L., & Quitral, V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Rev Chil Nutr*, Vol. 40, N° 2.
- Laguna (2004). Competitividad de la quinua ecuatoriana en el mercado global de la quinua. Cooperación Técnica Alemana-GTZ. Quito. Ecuador.
- LEYVA B. (2015). Efecto de la harina de haba (*vicia faba L.*) sobre las propiedades reológicas y calidad de pastas alimenticias. Facultad de Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional del Centro. Tarma – Perú.
- Leyva Barzola, G. (2015). *Efecto de la harina de haba (Vicia faba L.) sobre las propiedades reológicas y calidad de pastas alimenticias*. Tesis de pregrado, Facultad de ciencias aplicadas, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU. Tarma, Perú. Extraído de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1951>.
- Ludvigsson JF, Leffler DA, Bai JC, et al. (2013). The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. *Gut*. 62(1):43-52.
- Marcayata, A. D. (2016). *Elaboración de Salchicha Frankfrut con harina de chía (Salvia Hispánica L.) como sustancia de relleno*. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14330/1/65590_1.pdf
- Martini D, Brusamolino A, Del Bo C, Laureati M, Porrini M, Riso P. (2018). Effect of fiber and protein-enriched pasta formulations on satiety-related sensations and afternoon snacking in Italian healthy female subjects. *Physiol Behav*. 185:61–69. eng. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.12.024>.
- Matthäus B, Aitzetmüller K, Friedrich H. The new database “Seed oil Fatty Acids” (SOFA) *Grasas y Aceites* 2003; 54: 188-193.
- Muentes, C. L. (2020). *Desarrollo de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de achojcha (Cyclanthera pedata) y cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.)*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15580>.
- Mujica, A y Jacobsen, S. (2006). La quinua y sus parientes silvestres. Botánica económica de los Andes Centrales. La Paz. Bolivia.
- Padalino L, Conte A, & Del Nobile M. (2016). Overview on the General Approaches to Improve Gluten-Free Pasta and Bread. *Foods*, 5(4), 87. Eng. doi: [10.3390/foods5040087](https://doi.org/10.3390/foods5040087)
- Pellegrini N, & Agostoni C. (2015). Nutritional aspects of gluten-free products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(12), 2380–2385. eng. DOI: [10.1002/jsfa.7101](https://doi.org/10.1002/jsfa.7101)

- Plaza, A. E. (2017). *Propiedades Fisicoquímicas y Tecnofuncionales de la Chía y de su extracto desgrasado*. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4236/1/TFG%20Espinosa%20Plaza%20C%20Alicia.pdf>.
- Reyes et al. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.
- Reyes M. Gómez-Sánchez I, Espinoza C, Bravo F y Ganoza L. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. 10ma ed. – Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.
- Sistema de información SIEN-HIS (2021). Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Ministerio de Salud. Perú.
- Udachan I, & Sahoo AK. (2017). Effect of Hydrocolloids in the Development of Gluten Free Brown Rice Pasta. *International Journal of Chem Tech Research*. Vol.10 No.6, pp 407-415.
- Xingú, A, González, A, Cruz, E, Sangerman-Jarquín, D, Orozco, G & Rubí, M. (2017). Chía (*Salvia hispanica* L.) situación actual y tendencias futuras. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1619-1631. Recuperado en 24 de abril de 2022, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000701619.

ANEXO 1

FICHA TÉCNICA DE LA GOMA DE TARA



GOMA DE TARA

1. Descripción:

Hidrocoloide natural con alto peso molecular, de grado alimentario aprobado por el Codex Alimentarius con el Código E 417.

Se presenta en forma de polvo y es obtenido a partir del endospermo de las semillas de Tara (Caesalpineia Spinoza), por procedimientos térmicos y mecánicos.

Es un polisacárido constituido por moléculas de galactosa y manosa en la relación de 1:3. No es afectado por el sistema digestivo humano pudiendo usarse como fuente de fibra dietética no digerible. Es compatible con otras gomas como Guar, Xanthan, de Algarrobo, con los cuales tiene acción sinérgica.



GOMA DE TARA

2. Ingredientes:

Goma de tara (*): 100 %

(*) Sin azúcar, sin gluten, sin lactosa, sin soja, sin dextrina y preservantes.

3. Empaque:

- Interior: Bolsa de polietileno.
- Exterior: Saco de papel de triple hoja o caja de cartón tipo exportación.
- Peso neto: 25 Kg

4. Especificaciones microbiológicas:

- Recuento total: Máx.200 Ufc / g
- Mohos y levaduras: Máx.100 Ufc / g
- Escherichia. coli: Negativo / 1 g
- Salmonella sp: Negativo / 25 g

5. Especificaciones físico-químicas:

- Apariencia: Polvo fino
- Finura: 95% pasante malla 100
- Color: Blanco
- Olor: Inodoro
- Galactomananos: Mín.84%
- Humedad: Máx.12%
- Proteínas (N x 6.25): Máx.3.50%
- Insoluble en ácidos: Máx.2%
- Cenizas: Máx.1.5%
- Grasas: Máx.0.50%
- Viscosidad (Solución 1%, Brookfield, 20 RPM y Spindle 4, disolución en caliente a 85°C por 10 min, medido a 25°C): 5000 – 6800 cps
- pH (1%, 25°C) : 5.00 – 7.00.

6. Especificaciones de metales pesados:

- Plomo: Máximo, 5 ppm
- Arsénico: Máximo 3 ppm
- Mercurio: Max. 1 ppm
- Cadmio: Max. 1 ppm
- Total metales Pesados, (Cu + Zn): Max. 20 ppm

7. Información Nutricional (*):

Cada 100 g contiene:

- Energía: 180 Kcal
- Grasas: 0.50%
- Hidratos de carbono: 0%
- Azúcares: 0%
- Almidón: 0%
- Fibra alimentaria: 80%
- Proteínas: 3.50%
- Sal: 0%

(*) Se metaboliza como fibra soluble

8. Área de aplicación:

La Goma de Tara, es utilizada en la industria alimentaria para formar geles suaves, reversibles sin sinéresis, presentando texturas sin gomosidad y suave al paladar, destacando sus aplicaciones en productos lácteos y bebidas.

Es un espesante con potencial capacidad de hidratación (retenedor de agua) y de estabilización de líquidos, siendo útil para la preparación de sopas instantáneas y salsa, comida para bebés, mascotas, etc. También puede ser empleado en la elaboración de embutidos, confitería, bebidas, cereales, productos dietéticos, etc. Se dosifica en dosis bajas que oscilan entre 0.1% y 1% sobre el peso final del alimento. También es usado en la Industria Cosmética y farmacéutica, Industria del papel; Industria minera usada como floculante en el proceso de separación de líquidos y sólidos por medio de filtración, sedimentación y clarificación; Industria textil y Tratamiento de agua potable.

9. Almacenamiento:

Mantener alejado del alcance de los niños. Proteger de los rayos solares y otras fuentes de luz.

Incompatible con agentes oxidantes y reductores fuertes. Almacenar en lugares frescos y ventilados a temperatura menor a 25 °C. Mantener el producto en envases originales y cerrados.

10. GMO:

Valle Fresco SAC garantiza que Visco Gum es libre de organismos genéticamente modificados, para su fabricación se utilizan productos no modificados genéticamente y se han optado medidas preventivas para evitar riesgos de contaminación cruzada en cumplimiento de normas de calidad vigentes.

11. Alérgenos:

El producto no contiene ninguno de los ingredientes de la lista de alérgenos indicados en las directivas 2000 - 13 y 2003

- 89 de la EU y de ALBA-LIST.

12. Tiempo de Vida útil:

2 años.



ANEXO 2

FORMATOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA FIDEOS SIN GLUTEN A BASE DE HARINA DE QUINUA Y HARINA DE CHÍA

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE FIDEO SIN GLUTEN

Nombre:.....

Edad:.....

- I. Estás recibiendo muestras codificadas de **FIDEOS**. Por favor, indique según la escala abajo indicada, cuánto le gustó o disgustó el **COLOR** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	COLOR
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

- II Por favor, ahora pruebe la muestra e indique según la escala de abajo, cuánto le gustó o disgustó el **SABOR** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	SABOR
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

- III. Por favor, indique según la escala de abajo, cuánto le gustó o disgustó el **AROMA** de la muestra.

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	AROMA
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

IV. Por favor, pruebe nuevamente la muestra e indique según la escala abajo indicada en cuánto le gusta o disgusta la **TEXTURA** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	TEXTURA
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

V. Por favor, pruebe nuevamente la muestra e indique según la escala abajo indicada en cuánto le gusta o disgusta la **APARIENCIA GENERAL** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	APARIENCIA GENERAL
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

.....

FIRMA

ANEXO 3



INFORME DE ENSAYO N° N5833 - 2023

Cliente: ANÍBAL PRADO CONDORI
Dirección: Jr. 24 de Junio Nro. 164 - San Juan Bautista - Huamanga - Ayacucho
R.U.C.: 20605984160
email: titocuba3@outlook.com
Solicitud de Ensayo N°: OTE N° LN0393-2023 y OTE N° LN0404-2023
Nombre del Producto: PASTA DE QUINUA ^(c)
Información proporcionada por el cliente: F.P.: 16/05/2023
Características de la muestra: **Presentación y Tipo de Envase:** Envasado en bolsa de polietileno, sellada.
Cantidad recibida: 02 bolsas de 1 kg c/u
Fecha de recepción: 18 de mayo de 2023
Fecha de ejecución de ensayos: Del 18 al 20 de mayo de 2023

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

N°	Ensayo	Resultado	Unidades
01	Acidez	0,20	g/100g Expresado como ácido láctico

Métodos de ensayo utilizados:

01 - NTP 206-013-1981 (Revisada el 2011) Biscochos, Galletas, Pastas y Fideos. Determinación de la acidez.

OBSERVACIONES:

- (c) Modificación a solicitud del cliente.

- El presente informe de ensayo fue remitido el 22 de mayo de 2023

- Los resultados del presente Informe de Ensayo se relacionan únicamente a las muestras analizadas tal como se recibieron. No es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad de quien produce la muestra.
- CERTILAB no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
- CERTILAB es responsable del Informe de Ensayo en sus versiones original y copia (impresas, reproducciones adicionales son responsabilidad del cliente o usuario del documento).
- El presente Informe tiene una vigencia de 01 año después de la fecha de emisión.


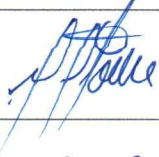

San Miguel, 22 de mayo de 2023




Ing. Edgar Cárdenas López
Laboratorio de Físico Química
CIP: 193314

ACTA DE CONFORMIDAD

Los que suscribimos, miembros del jurado para el acto público de sustentación de tesis profesional, cuyo título fue "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DEL FIDEO A BASE DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Wild) Y DE CHIA (*Salvia hispánica* L.)". Presentado por el bachiller en Ingeniería Agroindustrial Anibal PRADO CONDORI, el cual fue sustentado el día 18 de agosto del 2023, en mérito a la resolución decanal N° 113-2023-UNSCHE-FIQM/D, damos la conformidad del trabajo final corregido, aceptamos la publicación final del mencionado trabajo de tesis y declaramos el documento apto para que pueda iniciar sus gestiones administrativas que conduzca a la expedición y entrega del título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

MIEMBROS DEL JURADO	DNI	FIRMA
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTA	28308932	
Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ	23008579	
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA	32904170	

Ayacucho 23 de agosto del 2023.



UNSCH

FACULTAD DE
**INGENIERIA QUÍMICA
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°008-2023-UNSCH-FIQM/EPIA

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, habiendo recibido el requerimiento de **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD** por parte del Asesor de la Tesis Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

Tesis “Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del fideo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) y de chía (*Salvia hispanica* L.)”

Nombre y Apellido : Bach. Aníbal Prado Condori
Identificador de entrega : 2164769495
Fecha : 12-sep-2023 11:28p.m. (UTC-0500)
Archivo : Tesis_Final_APC_09-09-23_Final_ok.pdf (2.21M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 20% de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 13 de setiembre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
E.F.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Ing. Saúl R. Chuqui Diestra
DIRECTOR

C.c.
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe



Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Anibal Prado Condori
Título del ejercicio: Con depósito
Título de la entrega: Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales...
Nombre del archivo: Tesis_Final_APC_09-09-23_Final_ok.pdf
Tamaño del archivo: 2.21M
Total páginas: 88
Total de palabras: 17,519
Total de caracteres: 87,898
Fecha de entrega: 12-sept.-2023 11:28p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2164769495

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



TESIS

"Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales
del fideo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*
Wild) y de chía (*Salvia hispanica* L.)"

PRESENTADO POR:

Bach. Anibal PRADO CONDORI

Para optar el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AYACUCHO – PERÚ

2023

Evaluación de las
características fisicoquímicas y
sensoriales del fideo a base de
harina de quinua
(*Chenopodium quinoa* Wild) y
de chía (*Salvia hispanica* L.)

por Anibal Prado Condori

Fecha de entrega: 12-sep-2023 11:28p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2164769495

Nombre del archivo: Tesis_Final_APC_09-09-23_Final_ok.pdf (2.21M)

Total de palabras: 17519

Total de caracteres: 87898

Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del fideo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) y de chía (*Salvia hispanica* L.)

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	14%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	apptransparencia.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	www.repositorio.ufrn.br:8080 Fuente de Internet	<1 %
10	www.repositorioacademico.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	oppenheimer.mcgill.ca Fuente de Internet	<1 %
13	1library.co Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo