

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA
(Chenopodium Quinoa) Y HARINA DE TOCOSH SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL PAN DE MOLDE”.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

Bach. PAREDES CALDERÓN JUAN CARLOS

ASESOR:

Dr. MORENO ROJO CÉSAR

Nuevo Chimbote, Junio 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA DE AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 06:00 p.m. del 03 de agosto del dos mil dieciocho se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 299-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **M.Sc. Saúl Eusebio Lara.....(Presidente)**
- **Dr. César Moreno Rojo.....(Secretario)**
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca.....(Integrante);** para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

➤ **“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE TOCOSH SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL PAN DE MOLDE”** elaborada por el bachiller en Ingeniería Agroindustrial.

- **Juan Carlos Paredes Calderón**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: Dr. César Moreno Rojo

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
JUAN CARLOS PAREDES CALDERON	18	BUENO

Siendo las 07:30 p.m. del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 03 de agosto del 2018


 M.Sc. Saúl Eusebio Lara
 Presidente


 Dr. César Moreno Rojo
 Secretario

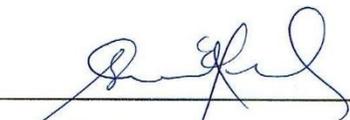

 Dr. Daniel Sánchez Vaca
 Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE TOCOSH SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL PAN DE MOLDE", para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por el Bachiller JUAN CARLOS PAREDES CALDERÓN, teniendo como asesor al docente Dr. CÉSAR MORENO ROJO, designado por R.D N° 788-2017-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 03 de agosto del 2018 por el jurado evaluador, designado mediante Resolución N° 299-2018-UNS-CFI.



M.Sc. Saúl Eusebio Lara
Presidente



Dr. César Moreno Rojo
Secretario (Asesor)



Dr. Daniel Sánchez Vaca
Integrante

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, por ser los pilares más importantes de mi formación profesional y por demostrarme siempre su gran cariño e incondicional apoyo. A mi compañera, por su amor y comprensión, porque nunca perdió la fe en mí. A mi único hijo André, motor y motivo en mi vida para seguir adelante. A mis hermanos por la gran confianza depositada en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres, que con sus demostraciones de padres ejemplares me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A Lila, por su cariño y apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tiene en mí.

A mi tesoro André, por existir, por ser mi empuje y la razón de salir adelante, por compartir conmigo alegrías, por enseñarme a ser padre.

A mis hermanos, porque nunca dejaron de confiar en mí, por prestarme siempre su hombro cuando lo necesitaba.

Al Dr. César Moreno Rojo, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Gracias a todos ustedes, de corazón.

INDICE GENERAL

RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivos Generales.....	4
1.3.2 Objetivos Especificos.....	5
1.4 FORMULACION DE LA HIPOTESIS	5
1.5 JUSTIFICACION	5
1.6 LIMITACIONES DEL TRABAJO	6
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Aspectos generales sobre el pan de molde.....	6
a. Definición.....	6
b. Clasificación.....	7
c. Métodos de elaboración del pan de molde.....	7
2.2. Materias primas en la elaboración del pan de molde.....	7
a. Harina de trigo.....	7
b. Clasificación de la harina de trigo	8
c. Harina de tocosh de papa.....	10
d. Harina de quinua.....	11
e. Diseño Compuesto Central Rotacional.....	13
f. Etapas para la optimización de un proceso.....	14

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Lugar de Ejecución.	16
3.2. Materia Prima e Insumos.	16
3.2.1. Materia Prima.....	16
3.2.2. Insumos.	16
3.3. Equipos, Materiales y reactivos.....	17
3.3.1. En la elaboración de pan de molde.....	17
3.4. Métodos.	19
3.4.1. Caracterización de las materias primas.	19
3.4.2. Cómputo químico.....	21
3.4.3. Producción de Pan de molde.....	21
3.4.4. Evaluación de la calidad de los panes.	24
3.4.5. Evaluación de la mejor formulación de pan de molde.....	26
IV. DISEÑO EXPERIMENTAL.	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	29
4.1. Análisis proximal de la harina de trigo.....	29
4.2. Análisis proximal de la harina de tocosh	30
4.3. Análisis proximal de la harina de quinua.....	31
4.4. Colorimetría de la harina de trigo, quinua y harina de tocosh.	32
4.5. Volumen específico.....	34
4.6. Evaluación sensorial.	37
4.6.1. Color del pan de molde.....	38
4.6.2. Apariencia del pan de molde.	40
4.6.3. Aroma del pan de molde.....	42
4.6.4. Textura del pan de molde.	44

4.6.5. Sabor del pan de molde.....	48
4.6.6. Intención de compra del pan de molde.....	50
4.7 Analisis de la luminosidad de la miga	54
4.8 Análisis de la Cromacidad de la miga	57
4.9 Análisis de la luminosidad de la corteza	60
4.10 Análisis de la Cromacidad de la corteza	63
4.11. Análisis de perfil de textura.....	66
4.11.1 Análisis de la dureza del pan de molde	66
4.11.2 Análisis de la masticabilidad del pan de molde.....	69
4.12 Caracterización químico proximal	73
V. CONCLUSIONES	78
VI. RECOMENDACIONES.....	80
VII. BIBLIOGRAFIA.....	81
ANEXOS	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química porcentual de la harina de trigo.....	9
Tabla 2: Composición de la harina de quinua en 100 g de muestra.....	13
Tabla 3: Formulación estándar para la producción de pan de molde.....	22
Tabla 4: Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2 ²	27
Tabla 5: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2 ²	28
Tabla 6: Composición químico proximal de la Harina de Trigo en 100g de harina	29
Tabla 7: Composición químico proximal de la Harina de Tocosh en 100g de harina	30
Tabla 8: Composición químico proximal de la Harina de Quinua en 100g de harina	31
Tabla 9: Colorimetría de las harinas de trigo y cascara de maracuyá.....	33
Tabla 10: Volumen específico del pan de molde.....	35
Tabla 11: Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de los panes de molde.....	36
Tabla 12: Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde	38
Tabla 13: Coeficientes de regresión para respuesta color de los panes de molde.	39
Tabla 14: Coeficientes de regresión para respuesta apariencia de los panes de molde.	41
Tabla 15: Coeficientes de regresión para respuesta aroma de los panes de molde.	43
Tabla 16: Coeficientes de regresión para respuesta textura de los panes de molde.	44
Tabla 17: Análisis de varianza para la respuesta sabor del pan de molde.....	46
Tabla 18: Coeficientes de regresión para respuesta sabor de los panes de molde.	49

Tabla 19: Coeficientes de regresión para respuesta intención de compra de los panes de molde.....	50
Tabla 20: Análisis de varianza para la respuesta intención de compra de los panes de molde.....	52
Tabla 21: Luminosidad de la miga del pan de molde.	55
Tabla 22: Coeficientes de regresión para respuesta Luminosidad de la miga de los panes de molde.....	56
Tabla 23: Cromacidad de la miga del pan de molde.	58
Tabla 24: Coeficientes de regresión para respuesta Cromacidad de la miga de los panes de molde.....	59
Tabla 25: Luminosidad de la corteza del pan de molde.	61
Tabla 26: Coeficientes de regresión para respuesta Luminosidad de la corteza de los panes de molde	62
Tabla 27: Cromacidad de la corteza del pan de molde.	64
Tabla 28: Coeficientes de regresión para respuesta Cromacidad de la corteza de los panes de molde.....	65
Tabla 29: Dureza del pan de molde.	67
Tabla 30: Coeficientes de regresión para respuesta Dureza de los panes de molde	68
Tabla 31: Masticabilidad del pan de molde.	70
Tabla 32: Coeficientes de regresión para respuesta Masticabilidad de los panes de molde	71
Tabla 33: Composición porcentual (%) del pan de molde Control y pan de molde Óptimo.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Flujo del proceso de elaboración	24
Figura 2: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.	37
Figura 3: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta color....	40
Figura 4: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta apariencia	42
Figura 5: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta aroma .	43
Figura 6: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta textura.	45
Figura 7: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de Harina de quinua (%) y Harina de tocosh.	47
Figura 8: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta sabor ..	49
Figura 9: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta intención de compra	51
Figura 10: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la intención de compra de los panes de molde en función de: Contenido de Harina de quinua (%) y Harina de tocosh.....	53
Figura 11: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Luminosidad de la miga	57
Figura 12: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Cromacidad de la miga	60
Figura 13: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Luminosidad de la corteza.....	63
Figura 14: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Cromacidad de la corteza.....	66
Figura 15: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Dureza del pan de molde.....	69
Figura 16: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Dureza del pan de molde.....	72

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. FICHA DE EVALUACION SENSORIAL.....	83
ANEXO 2. CUADRO PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS POR CADA VARIABLE RESPUESTA	85
ANEXO 3. FOTOS DE LAS PIEZAS DE PAN DE MOLDE, PARA LOS 11 TRATAMIENTOS	86
ANEXO 4. FOTOA DE LOS PANES DE MOLDE OBTENIDOS POR LA MEZCLA DE HARINA DE QUINUA + HARINA DE TOCOSH	88
ANEXO 5. FOTOS PARA EVALUAR EL VOLUMEN ESPECIFICO Y TEXTURA INSTRUMENTAL	91

RESUMEN

En este trabajo de investigación, “efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium Quinoa*) y harina de tocosh en las características tecnológicas del pan de molde”, se elaboraron panes de molde con adición de harina de quinua y tocosh con el objetivo de estudiar la influencia de ambos en el producto terminado. Las formulaciones fueron realizadas utilizándose un delineamiento factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de harina de quinua y tocosh. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características tecnológicas (volumen específico y color de la corteza y miga del pan de molde, textura instrumental) y propiedades sensoriales realizados con 30 panelistas. Los resultados fueron analizados por la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), indicando que la superficie de respuesta para volumen específico nos indica que cuando la formulación de pan tenga alrededor de 5.4 % de harina de tocosh se obtendrá pan de molde con volumen específico menores a 4.700 ml / g.

La superficie de respuesta para el parámetro textura del pan de molde indica que al adicionar niveles de Harina de tocosh (de 5 a 5.4%) y Harina de quinua (de 7.6 a 8.0%); se obtendrá valores mayores 9 en el parámetro en estudio. La superficie de respuesta para el parámetro intención de compra del pan de molde indica que al adicionar niveles de Harina de tocosh (de 5 a 5.4%) se obtendrá valores mayores 4 en el parámetro en estudio.

La dureza y masticabilidad de los panes de molde no mostraron diferencia significativa para un $p < 0.05$.

Se determinó los porcentajes óptimos de harina de trigo, harina de quinua y harina de tocosh, siendo estos: 87.00%, 7.6% y 5.4%, siendo elegido el tratamiento 2.

Palabras claves: pan de molde, harina de quinua, harina de tocosh, metodología de superficie de respuesta (MSR)

ABSTRACT

In this research work, "effect of the partial substitution of wheat flour (*triticum aestivum*) for quinoa flour (*Chenopodium Quinoa*) and tocosh flour in the technological characteristics of bread mold," mold loaves were prepared with addition of Quinoa flour and tocosh in order to study the influence of both in the finished product. The formulations were made using a complete factorial delineation 2², considering as independent variables the levels of quinoa flour and tocosh. The effects of these variables were evaluated according to the technological characteristics (specific volume and color of the crust and crumb of the mold bread, instrumental texture) and sensory properties made with 30 panelists. The results were analyzed by the Response Surface Methodology (MSR), indicating that the response surface for specific volume indicates that when the bread formulation has around 5.4% tocosh flour cupcakes with specific volume less than 4,700 will be obtained. ml / g.

The response surface for the texture parameter of the mold bread indicates that by adding levels of tocosh flour (from 5 to 5.4%) and quinoa flour (from 7.6 to 8.0%); higher values will be obtained 9 in the parameter under study. The response surface for the intention parameter to buy the mold bread indicates that adding tocosh flour levels (from 5 to 5.4%) will obtain higher values 4 in the parameter under study.

The hardness and chewiness of the mold loaves showed no significant difference for $p < 0.05$.

The optimal percentages of wheat flour, quinoa flour and tocosh flour were determined, being these: 87.00%, 7.6% and 5.4%, with treatment 2 being chosen.

Keywords: sliced bread, quinoa flour, tocosh flour, response surface methodology (MSR)

I. INTRODUCCION.

1.1 ANTECEDENTES.

Fonseca, (2016). Desarrollo un suplemento en polvo a partir de tocosh de papa, cacao en polvo, leche descremada en polvo, extracto de malta en polvo con un mínimo de 14,15% de proteínas, estableciendo tres formulaciones que representaron un contenido de harina de tocosh de 10%, 15% y 20%. La evaluación sensorial la realizó mediante un panel no entrenado a través de la prueba de ranking sensorial simple y escala hedónica; teniendo la formulación con mayor aceptación a la formulación “A” constituida por 10% de harina de tocosh de papa, 15% de extracto de malta en polvo, 15% de cacao en polvo, 40% de leche descremada en polvo y 15% de azúcar. Concluyendo que el tocosh de papa es una alternativa nutricional para la elaboración de suplementos nutritivos altamente proteicos.

Hurtado et al., (2012). Realizo un estudio para determinar el nivel máximo de sustitución de la harina de trigo con harina de papa parda pastusa (*Solanum tuberosum*), como una alternativa para la elaboración de productos de panadería. Para lo cual utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde se evaluaron las variables de respuesta: color, sabor, y textura. Se utilizó el análisis de varianza para encontrar diferencias significativas entre el producto obtenido con harina de papa y el producto con 100% harina de trigo. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en el color, sabor y textura entre los panes al 10,20 y 30 % de sustitución. Sin embargo, en la prueba de aceptación el pan al 20% evidencio que tiene una buena aceptación y podría ser utilizado comercialmente.

Cerón et al., (2014). Estudio la sustitución de la harina de trigo por harina de papa de la variedad parda pastusa en la elaboración de galletas fermentadas dulces en niveles de sustitución de 30, 40 y 50%, no encontrando diferencias significativas en color, textura y aceptación; mientras para el sabor fue diferente los niveles de 0% y 30% de sustitución. Con la sustitución de 30% se produjeron galletas de buena aceptación mientras que niveles mayores no son recomendables.

Arone, H. (2015). Aplicó el Método de Diseño de Mezclas, para la formulación del pan con harina de quinua (HQ), harina de chia (HC) y harina de trigo (HT), se estudió las propiedades físicas, químicas, organolépticas, score químico y PDCAAS. Los porcentajes respecto a los componentes de las mezclas fueron T1 (20%, 5 %, 75 %); T2 (20 %, 10 %, 70 %); T3 (17.5 %, 6.25 %, 76.25 %); T4 (17.5 %, 8.75 %, 73.75 %); T5 (20 %, 7.5 %, 72.5 %) y T6 (0 %, 0 %, 100 %) respectivamente. En las propiedades químicas observo que a medida que incrementamos la sustitución de la HQ y HC también incrementa el porcentaje de proteínas, lípidos, cenizas, fibra, pH, acidez y disminuye los carbohidratos. Además, observo que respecto a las proteínas el tratamiento que presentó mayor porcentaje fue el T2 (15.93 %), igual para los lípidos el T2 (10.17 %) presentó mayor contenido de lípidos, se vio un incremento respecto a la fibra, los valores en los rangos de (6.13 a 15 %). En las propiedades físicas disminuye el volumen. En la textura incrementa la dureza. Respecto al color disminuye la luminosidad (L*). Con relación al score químico y PDCAAS. El aminoácido limitante en todas las mezclas fue la lisina. Las características sensoriales del pan molde como el color, sabor y apariencia general presentaban diferencia significativa, mientras que el olor y dureza no presentaron diferencia significativa entre tratamientos a un nivel de significancia de 5 %.

Arroyave et al., (2006). Utilizó quinua en el proceso de panificación , concluyó que de acuerdo a los análisis físico químicos, reológicos y microbiológicos, efectuados a las mezclas de harina de trigo y harina de quinua, realizados

anteriormente, se determina que el porcentaje más adecuado es el que tiene solo el 15 % de sustitución de quinua, debido a que este fue el que presento mejores condiciones para la realización de productos de panificación (pan tipo molde), su incremento protéico no fue el más alto pero fue significativo frente a un pan comercial. Aunque el tratamiento con 30 % de sustitución de harina de quinua, tenía mayor incremento de proteína, es importante tener en cuenta todas las características para una buena panificación. Además, menciona que a medida que incrementa el contenido de sustitución con harina de quinua, disminuye el porcentaje de carbohidratos incrementa el porcentaje de proteína, fibra, humedad y ceniza, el incremento de ceniza se debe a que la quinua presenta un elevado contenido de minerales.

Sancho, M, (2012). Evaluó la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería sustituidos por harinas integrales de arroz, centeno o quínoa, concluyendo que la sustitución de 25 % de harina integral de arroz, quínoa o centeno no produjo grandes cambios en cuanto a los parámetros de calidad. Cada una de las formulaciones estudiadas supuso una mejora en el valor nutricional en función de las necesidades de la población, sin suponer un deterioro importante de la calidad sensorial del producto final, con un alto grado de aceptabilidad por parte del consumidor.

De la Cruz, W. (2009). Elaboró un pan molde con quinua y suero, concluyendo que, de acuerdo al cómputo químico, las evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales, se determinó que el porcentaje más adecuado es el que tiene el 14 % de incorporación de harina de quinua precocida y 3,5 % de suero, en la elaboración de pan tipo molde, el incremento proteico no fue el más alto, pero fue significativo frente a un pan comercial de harina de trigo. Además, menciona que cuando incrementa el porcentaje de sustitución con harina de quinua, incrementa el contenido de proteínas, ceniza y fibra y disminuye el contenido de carbohidratos, además les atribuye la coloración a los panes debido a la reacción de maillard y caramelización que sucede en el horneado.

Alvares et al., (2009). Realizó estudio a panes con harina de quinua, concluye que el porcentaje adecuado de harina de quinua en la mezcla, es 18 % con el que se obtienen mejores resultados, ya que con porcentajes más altos de harina de quinua en la mezcla no permiten el buen desarrollo de las masas de pan, dándole a las mismas una elasticidad baja, influyendo también directamente en el peso y volumen final del producto.

García, D. (2011). desarrolló de un producto de panadería con harina de quinua, concluyendo que el tratamiento que reportó el mejor nivel de aceptación sensorial frente al panel sensorial y a los datos de volumen fue el elaborado con 10 % de harina de quinua y 90 % de harina de trigo, además hay un aumento de 2.2 % de proteína en la formulación de 20 % con respecto a la del 10 %.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia de la adición de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de tocosh sobre las propiedades fisicoquímicas, nutritivas y organolépticas del pan de molde?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Generales.

Evaluar la influencia de la adición de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de tocosh de papa (*Solanum Tuberosum L*) en las propiedades fisicoquímicas, nutritivas y organolépticas del pan de molde; mediante la metodología de superficies de respuestas aplicando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2².

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar los análisis fisicoquímicos de la harina de quinua y harina de tocosh.
- ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas (volumen específico, textura instrumental, fibra dietética total y colorimetría), propiedades organolépticas (Color, apariencia general, aroma, textura, sabor) e intención de compra de los panes de molde, obtenidos del diseño compuesto central rotacional DCCR 2².
- ✓ Determinar una región óptima con los rangos de harina de quinua y harina de tocosh de papa mediante el análisis de las superficies de respuestas obtenidas para cada variable dependiente.
- ✓ Realizar la composición proximal del pan de molde con mejor aceptabilidad y características fisicoquímicas.

1.4 FORMULACION DE LA HIPOTESIS

La adición de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) (5-8%) y harina de tocosh de papa (*Solanum Tuberosum L*) (5-8%) elevan el score químico de aminoácidos esenciales, disminuyen el volumen específico del pan de molde y generan un producto con buena aceptabilidad en intención de compra.

1.5 JUSTIFICACION

La disponibilidad de nutrientes es un serio problema a nivel mundial. La desnutrición persiste y va en aumento sobre todo en los países en vías de desarrollo. En el Perú un estudio preliminar de la ENDES 2016 confirma el poco avance en el combate contra la anemia y la desnutrición en los últimos. En el año 2016 se registró una reducción no tan notoria de 14,4% (2015) a 13.5% (2016) en cuanto la desnutrición crónica infantil. En relación a la anemia infantil se señala en el año 2016 que un 43.5% de menores la padecía; manteniendo este porcentaje sin variación desde el año 2015.

Por tanto para combatirlas, se plantea la propuesta del uso de harina de tocosh por ser un producto natural de alcance medicinal (por su alto contenido de penicilina natural), nutricional y de bajo costo, además de fortalecer el sistema inmunológico, curar afecciones renales, respiratorias, anemia, etc.; y el uso de harina de quinua por ser fuente natural de proteína y de alto valor nutritivo por una mayor combinación de aminoácidos esenciales necesarios para el desarrollo del organismo humano, los que en conjunto harán posible la realización de un producto panificado con alto valor en calidad y aporte nutricional.

Por estos motivos, el proyecto busca determinar la influencia de la adición de harina de quinua (*Chenopodium Quinoa*) y harina de tocosh sobre las características tecnológicas del pan de molde.

1.6 LIMITACIONES DEL TRABAJO

Existieron limitaciones con respecto a la disponibilidad de la Planta Píloto, lo que permitió que las 11 corridas experimentales se hicieran en un solo día.

II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Aspectos generales sobre el pan de molde.

a. Definición.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), pan de molde es el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos. **(De la Cruz, 2009).**

b. Clasificación.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), según el grado de extracción de la harina utilizada, el pan de molde se clasificará en:

- PAN INTEGRAL: Es el pan de molde elaborado con harina integral.
- PAN BLANCO: Es el pan de molde elaborado con harina, con un máximo de 82% de extracción.
- PAN CORRIENTE: Es el pan de molde elaborado con harina de más de 82% hasta 86% de extracción.
- PAN TOSTADO DE MOLDE: Es el producto que como producto anterior tiene el pan de molde y que ha sido tostado (o secado) bajo condiciones controladas. **(De la Cruz, 2009).**

c. Métodos de elaboración del pan de molde.

Los principales métodos de elaboración actualmente son:

- Método de masa directa, en este método todos los componentes de la masa son mezclados y combinados en una sola etapa. En el mezclado se trata de obtener una masa suave con un óptimo de elasticidad. La masa se fermenta por 2 a 4 horas y ocasionalmente se realiza el “punch” durante este periodo.
- Método de esponja, en este método el volumen de harina a utilizar es dividido en dos partes: una de ellas es mezclada con levadura y agua, dejándole fermentar cierto tiempo, a esta masa se le llama “esponja”, la cual se mezcla con la otra cantidad de harina y los otros ingredientes (masa). La cantidad de harina a utilizar en la “esponja” y en la masa está regulada por el tipo de harina y el tipo de producto a elaborar. **(De la Cruz, 2009).**

2.2. Materias primas en la elaboración del pan de molde.

a. Harina de trigo.

Según la Legislación peruana, harina es el producto resultante de la molienda del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) con o sin separación parcial de la cáscara (ITINTEC, 1982). La designación “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de

otros granos (cereales y menestras), tubérculos y raíces le corresponde la denominación de “harina” seguida del nombre del vegetal de que provienen. A este tipo de harinas se les denomina sucedáneas según ITINTEC (1976).

La harina de trigo es la materia prima esencial en el completo sentido de la palabra: formadora de la masa para la elaboración de productos panificables.

La harina de trigo tiene gluten que se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina. **(De la Cruz, 2009)**

El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas. **(De la Cruz, 2009)**

La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. Especial influencia sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten tiene el tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción. **(De la Cruz, 2009)**

A las harinas que contienen menos proteína – gluten se las llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten húmedo es superior al 30 %. Harinas ricas en gluten se prefieren para masas de levadura, especialmente las utilizadas en la elaboración de masas para hojaldre. Para masas secas, en cambio, es inconveniente un gluten tenaz y formador de masa. **(De la Cruz, 2009).**

b. Clasificación de la harina de trigo

La harina se clasifica comercialmente en varios grupos, los más importantes son:

-Harina Fuerte: Es la harina que contiene un elevado contenido de gluten, hecho que facilita que la masa pueda fermentar y retener el gas generado es una especie de burbujas. Debe proceder de trigos especiales o duros. Debido a que la harina puede absorber más cantidad de agua, da como resultado un pan más tierno y que aguanta más tiempo sin secarse. **(De la Cruz, 2009)**

-Harina Floja: Se utiliza para preparar aquellas elaboraciones de pastelería y repostería que no se deben trabajarse excesivamente para evitar que tomen correa. (De la Cruz, 2009)

Si se elabora un pan esta harina presenta problemas en la fermentación, la masa no esponja tanto, hace que quede más apelmazado, y tiende a secarse rápidamente. (De la Cruz, 2009)

-Harinas acondicionadas y enriquecidas: Las harinas no siempre reúnen las condiciones óptimas para poder proporcionar un buen resultado en las elaboraciones de pastelería que deban prepararse utilizando tecnología moderna. (De la Cruz, 2009)

En estas ocasiones se le añaden ciertos productos (aditivos) con objeto de mejorar el nivel de plasticidad de la masa obtenida y sus características organolépticas de sabor, aroma y color, así como reducir el tiempo de fermentación. En el caso de harinas enriquecidas únicamente se aumentan el número de nutrientes, por ejemplo, las proteínas. (De la Cruz, 2009).

Tabla 1: Composición química porcentual de la harina de trigo.

Componentes	Mínimo (%)	Máximo (%)
Proteínas	7.5	15.0
Cenizas	0.3	1.0
Grasas	1.0	1.5
Fibras	0.4	0.5
Carbohidratos	68.0	75.0

Fuente: De la Cruz, (2009)

c. Harina de tocosh de papa.

El tocosh, togosh o shele se elabora depositando los tubérculos bajo pozas con pisos y paredes recubiertas con paja en la que discurre agua durante 5 o 8 meses.

En estas condiciones la papa pasa por un proceso de fermentación anaeróbica al final de la cual se extrae y se somete a secado solar.

El tocosh se consume en sopas o mazamoras, presenta un olor poco desagradable, pero es de gran valor revitalizador y antibiótico. (Egusquiza, 2000).

Es un producto conocido en los andes como un producto que ayuda a fortalecer el sistema inmunológico. Se obtiene de la papa fermentada lo que hace que se active un antibiótico natural (penicilina natural), los incas la consideraban un regalo de Dios. Además, contiene alcaloides, aminoácidos, antimicrobiano. (Peru.com, 2015).

Propiedades.

Entre sus propiedades tenemos:

a. Penicilina Natural

Es un producto obtenido de la pulpa de papa fermentada, proceso que activa el antibiótico (Penicilina natural).

b. Aumenta el sistema inmunológico

Ayuda a gozar de una buena salud.

c. Úlceras estomacales

Para consumirlo, debe diluir una cuchara de harina de tocosh en un vaso de agua fría.

d. Gastritis crónica

Diluir una cuchara de harina de tocosh en un vaso de agua fría.

e. Afecciones renales

Disolver una cuchara de harina de tocosh en un vaso de agua fría

f. Hemorroides

Diluir una cuchara de harina de tocosh en un vaso de agua fría.

g. Alivia las afecciones respiratorias altas (bronquitis, faringitis, asma).

h. Calor corporal

Diluir una cuchara de harina de tocosh en un vaso de agua, endulzar con miel con agua caliente.

Además, evita la osteoporosis, Incrementa la flora intestinal y ayuda a mejorar la digestión. También, su harina es utilizada como un curativo cuando alguien se hace una herida, cicatrizante de hemorroides.

d. Harina de quinua.

Quinua.

La quinua es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales, se calcula que su domesticación ocurrió hace más de 7000 años, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, se cultiva desde el nivel del mar hasta 4000 msnm, muy tolerante a los factores climáticos adversos como son: sequía, heladas, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia Chenopodioideae de las

amarantáceas. Se le denomina pseudocereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas en que están los cereales “tradicionales”, pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es una especie vegetal originaria del altiplano peruano-boliviano, caracterizada por tener amplia variedad genética. (Arone, 2015).

Composición y valor nutricional y aminoacídico de la quinua

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13.81 y 21.9 % dependiendo de la variedad. 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, se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos. Sin embargo, a pesar de su buen contenido de nutrientes, las investigaciones realizadas concluyen que los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. La quinua posee un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo. (Arone, 2015).

La quinua es un cereal rico en lisina. El importante valor de la quinua como planta alimenticia radica en que el grano, las hojas y las inflorescencias son fuentes de proteínas de buena calidad. La importancia de las proteínas de las especies andinas de quinua se basa en su calidad. (Arone, 2015).

A continuación, se muestran los valores nutricionales de la quinua por cada 100 g de muestra en donde podemos observar la composición química de la quinua, como se aprecia en la siguiente tabla. (Arone, 2015).

Tabla 2: Composición de la harina de quinua en 100 g de muestra.

COMPOSICIÓN POR CADA 100 g DE QUINUA		
COMPONENTES NUTRITIVOS	CANTIDAD	UNIDAD
Energía	341	Kcal
Agua	13.7	g
Proteína	15.40	g
Grasa	2.6	g
Carbohidrato	72.1	g
Fibra	3.1	g
Ceniza	2.5	g
Calcio	181	mg
Fósforo	61	mg
Hierro	3.7	mg
Tiamina	0.19	mg

Fuente: (Collazos Ch., y otros, 1996).

e. Diseño Compuesto Central Rotacional.

La elección del planeamiento adecuado dependerá del número de variables independientes involucradas en el estudio, la disponibilidad de la materia prima, la viabilidad del número de pruebas que se pueden alcanzar y el costo en el proceso de estudio. No obstante, hay un número mínimo de ensayos que deben realizarse de acuerdo a los factores a estudiar, para que la discusión, los resultados y la interpretación no se vean comprometidos. En esta óptica, los planeamientos factoriales completos y fraccionados deben seguir estrategias secuenciales para lograr el objetivo deseado. **(Rodríguez, 2005)**

El número de planeamientos experimentales depende principalmente del número de variables independientes que serán estudiadas inicialmente.

En caso de 2 o 3 variables independientes se recomienda realizar un diseño compuesto central rotacional (DCCR). **(Rodríguez, 2005)**

El procesamiento de los datos obtenidos se realiza en el programa STATISTICA Statsoft. **(Rodríguez, 2005)**

Un diseño compuesto central rotacional o factorial completo está conformado por formulaciones con condiciones factoriales, axiales y con condición de punto central (repeticiones). **(Rodríguez, 2005)**

La utilización de un DCCR tiene las siguientes ventajas:

- Permite determinar los efectos positivos y negativos de las variables independientes en las variables respuestas.
- Menos formulaciones a diferencia de otros métodos tradicionales (Ejemplo: Un factor a la vez, combinación de factores).
- Optimización de procesos y productos.
- Menos costo y menos tiempo. **(Rodríguez, 2005)**

f. Etapas para la optimización de un proceso.

a. Definir claramente cuáles son los objetivos a ser alcanzados con los experimentos.

-Realizar reuniones para analizar profundamente el proceso en estudio.

-Verificar las restricciones del proceso.

-Definir las variables independientes del estudio y respuestas de interés a ser analizadas.

b. Elaborar un procedimiento experimental considerando las variables independientes definidas.

Cuando el número de variables independientes es igual 2 o 3, una factorial completa debe ser aplicado.

c. Realizar los experimentos para obtener las respuestas.

d. Calcular los efectos de las variables, los errores y analizar estadísticamente.

- e. Elaborar los modelos predictivos de las respuestas en función de las variables independientes.
- f. Realizar el ANOVA para verificar la calidad de ajuste del modelo. Calcular las respuestas a través del modelo ajustado y los desvíos entre la respuesta experimental y la estimada por el modelo.
- g. Generar superficies de respuestas y curvas de contorno para análisis y definición de rangos óptimos operacionales de cada variable del proceso.
- h. Validar experimentalmente los resultados realizando ensayos en condiciones optimizadas. **(Rodríguez, 2005)**

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Lugar de Ejecución.

El presente proyecto de investigación se realizará en los siguientes ambientes:

- Instituto de Investigación Agroindustrial de la Escuela de Agroindustria-Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales-Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Análisis y Composición Productos Agroindustriales-Universidad Nacional del Santa.
- Instalaciones del área de Panificación de la Planta Piloto Agroindustrial-Universidad Nacional del Santa.
- Corporación de laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales (COLECBI S.A.C.).

3.2. Materia Prima e Insumos.

3.2.1. Materia Prima.

Para la producción de pan de molde, se utilizará como materia prima:

- Harina de trigo.
- Harina de quinua.
- Harina de tocosh de papa.

3.2.2. Insumos.

Para la producción de pan de molde, se utilizó los siguientes insumos:

- Azúcar Rubia.
- Manteca.
- Huevos.
- Leche en polvo.
- Levadura seca.

- Sal.

3.3. Equipos, Materiales y reactivos.

3.3.1. En la elaboración de pan de molde.

3.3.1.1. Equipos.

- Amasadora o sobadora marca NOVA, modelo K23, capacidad 40Kg.
- Balanza Analítica marca ADAM, modelo PW 254.
- Cámara de fermentación marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-400
- Estufa marca BLUE-M, modelo SW-17-TC-1
- Horno Rotatorio por convección. Marca Nova. Modelo: MAX 1000.
- Mufla marca Thermolyne.
- Rebanadora o cortadora de pan marca NOVA, modelo ESTÁNDAR.
- Amilógrafo Brabender. Modelo .800250.
- Farinógrafo Brabender. Modelo. 750350
- Extensógrafo brabender. Modelo.810161.001.
- Selladora. Marca: tew. Modelo: 207-MCSX.

3.3.1.2. Reactivos.

- Ácido sulfúrico concentrado y estandarizado a 0.1 N.
- Fenolftaleína.
- Rojo de metilo.
- Solución de hidróxido de sodio (0.1N y 0.01N)
- Sulfato de cobre anhidro (CuSO₄)
- Sulfato de potasio anhidro (K₂PO₄).
- Éter de petróleo.
- Hexano puro 98%.

3.3.1.3. Materiales de Laboratorio.

- Bureta.
- Cisoles de porcelana.
- Desecador.
- Embudo de vidrio.
- Espátula.
- Matraces de Erlenmeyer (250 y 500 ml).
- Mortero.
- Papel filtro.
- Pera succionadora.
- Pinzas de metal y de madera.
- Pipetas (1, 5 y 10 ml).
- Placas Petri
- Probetas (50 y 100 ml)
- Termómetro
- Varillas de vidrio
- Vasos precipitados (50 y 100 ml)

3.3.1.4. Otros materiales.

- Recipientes de aluminio.
- Cernidores.
- Bolsas de pan (Largo x ancho x altura=29.4cm x 10.5cm x 9.9cm).
- Cuchillos.
- Cubetas.
- Jarras plásticas.
- Marcadores.
- Ollas.
- Papel aluminio.
- Papel toalla.

- Material para prueba sensorial: cabinas de degustación, formatos, lapicero, platos descartables y marcador.

3.4. Métodos.

3.4.1. Caracterización de las materias primas.

3.4.1.1. Caracterización de la harina de trigo.

La harina de trigo será caracterizada por las siguientes propiedades.

3.4.1.1.1. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina serán realizadas por los métodos N°44-15A de la AACC (1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa será determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos se determinarán por diferencia. Las pruebas serán realizadas por triplicado.

3.4.1.1.2. Niveles e índice de gluten.

Los niveles de gluten húmedo y seco, así como el índice de gluten se determinarán de acuerdo al método N°38-12^a de la AACC (1995).

3.4.1.1.3. Amilograma.

Para la determinación del amilograma se utilizará el Amilógrafo Brabender de AACC STANDARD N° 22-10 AND N° 22-12 (American Association of Cereal Chemists), ICC STANDARD N° 126/1 (Internacional Association of Cereal Chemistry), ISO 7973 (Internacional Organization for Standardization)

3.4.1.1.4. Farinograma.

El farinógrafo Brabender se empleará para medir las características y aptitudes de las harinas en el amasado.

3.4.1.1.5. Extensógrama.

Para determinar las cualidades elásticas de la masa, su capacidad de estiramiento y su resistencia a la extensión se utilizará el extensógrafo Brabender.

3.4.1.1.6. Colorimetría.

Para determinar el color de la harina de trigo se utilizará el colorímetro (marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L*luminosidad (negro 0/ Blanco 100), a*(verde-/ rojo+) y b*(azul-/ amarillo +). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), será calculado según Minolta (1993).

3.4.1.2. Caracterización de la harina de cáscara de quinua.

La harina de quinua será caracterizada por las siguientes propiedades.

3.4.1.2.1. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina serán realizadas por los métodos N°44-15A de la AACC (1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa será determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos se determinarán por diferencia. Las pruebas serán realizadas por triplicado.

3.4.1.2.2. Colorimetría.

Para determinar el color de la harina de trigo se utilizará el colorímetro (marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L*luminosidad (negro 0/ Blanco 100), a*(verde-/ rojo+) y b*(azul-/ amarillo +). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), será calculado según Minolta (1993).

3.4.1.3. Caracterización de la harina de tocosh de papa.

La harina de garbanzo será caracterizada por las siguientes propiedades.

3.4.1.3.1. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la chía serán realizadas por los métodos N°44-15A de la AACC (1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa será determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos se determinarán por diferencia. Las pruebas serán realizadas por triplicado.

3.4.1.3.2. Colorimetría.

Para determinar el color de la harina de trigo se utilizará el colorímetro (marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L*luminosidad (negro 0/ Blanco 100), a*(verde-/ rojo+) y b*(azul-/ amarillo +). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), será calculado según Minolta (1993).

3.4.2. Cómputo químico.

El score químico o cómputo químico de aminoácidos se expresa como la cantidad (mg) de aminoácido esencial por gramo de la proteína en estudio, en relación con la cantidad del mismo compuesto en la proteína de referencia (g), es decir, el patrón aminoacídico establecido.

Los resultados se expresarán de manera porcentual. Un valor menor al 100% para un aminoácido indicará ser limitante en el mismo; por el contrario, un aminoácido con un score mayor a 100% expresará una proteína completa.

Para la realización del cómputo químico se tomará los datos bibliográficos de la composición de aminoácidos (mg/g de proteína) de cada una de las harinas; y datos del porcentaje de proteínas obtenidas en laboratorio que contiene cada harina en estudio.

3.4.3. Producción de Pan de molde.

3.4.3.1. Formulación.

La formulación para la elaboración del pan de molde que se utilizará está representada en la tabla 5.

Tabla 3: Formulación estándar para la producción de pan de molde.

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina de trigo*	100
Agua	50
Azúcar rubia	8
Yemas de huevo	6
Manteca	5
Leche en polvo	4
Levadura seca instantánea	2
Sal	2

3.4.3.2. Procedimiento para elaboración de pan de molde.

El procedimiento para la elaboración de pan de molde esta descrito por las siguientes etapas:

A. Recepción.

Se recepcionará la materia prima (harina de trigo) y los insumos a usarse en la elaboración del pan de molde, pasando por los controles respectivos, verificando su fecha de producción y vencimiento.

B. Pesado.

En esta etapa se pesarán las materias primas e insumos según las formulaciones de cada ensayo. Operación que se realizará en una balanza. Esta operación permitirá determinar la cantidad de materia prima que ingresa; además podemos determinar el rendimiento final y cuanto se va perdiendo en cada proceso.

C. Amasado y Sobado.

Para cada formulación los ingredientes serán mezclados en una amasadora automática marca NOVA, modelo K23, capacidad de 40Kg; el tiempo de mezcla en velocidad lenta será de 5 min y luego se procederá a monitorear el tiempo hasta que se produjo el

desenvolvimiento del gluten (formación del punto liga o gluten) el cual indica que la masa esta lista.

D. Boleado y moldeado.

Previo al boleado la masa será dividida en porciones de 650 gr. para tener una mayor superficie de contacto con la temperatura ambiente; luego se realizará el boleado de forma manual, apretando suavemente la porción de masa y dando un ligero movimiento de rotación hacia dentro, hasta que se obtenga una forma esférica y una superficie lisa; después se dejará la masa reposando por un período de 15min, se cortaron de forma elíptica y las porciones serán puestas en el molde previamente untados de manteca.

E. Fermentación.

La masa luego será mantenida en la cámara de fermentación (marca NOVA, modelo MAX 1000) en condiciones de 31°C y 69% de HR; el tiempo en cada ensayo dependerá del comportamiento y desarrollo de la masa con respecto al molde; para lo cual hubo un monitoreo continuo. Se retirará la masa cuando alcance los $\frac{3}{4}$ del molde.

F. Horneado.

Las masas serán colocadas en el horno (marca NOVA, modelo MAX 1000) a 140°C, por 45min.

G. Enfriado.

Los panes serán sacados de sus moldes y colocados en fuentes secas y frías en una zona fresca, libre de contaminación.

H. Rebanado y embolsado.

Los panes de molde serán rebanados en la cortadora o rebanadora (marca NOVA, modelo ESTÁNDAR) y luego embolsados en bolsas de polipropileno litografiadas.

I. Almacenamiento.

El almacenamiento se dará en un ambiente limpio, fresco; a temperatura ambiente.

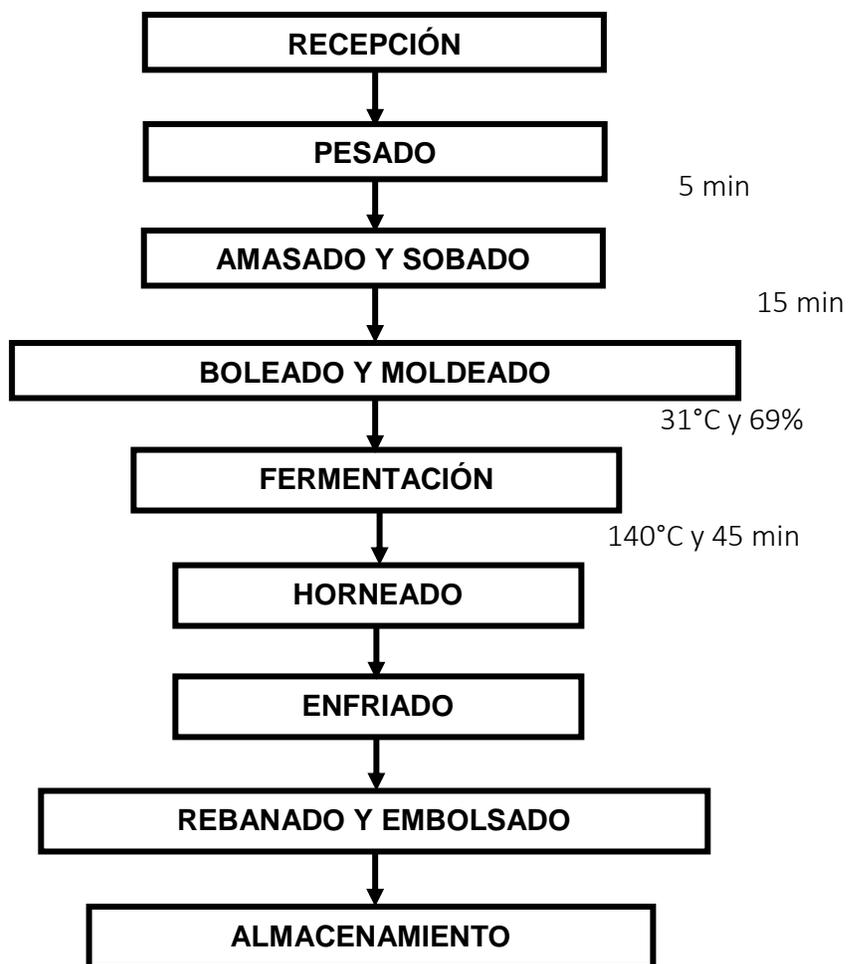


Figura 1: Diagrama de Flujo del proceso de elaboración

3.4.4. Evaluación de la calidad de los panes.

Los panes producidos serán caracterizados a través de los siguientes análisis:

3.4.4.1. Volumen específico.

El volumen del producto se determinará por el método de desplazamiento de semillas de baja densidad (alpiste), una hora después del horneado. El recipiente utilizado fue de metal.

3.4.4.2. Color de la corteza y de la miga.

Para la determinación del color de la corteza y la miga de los panes será utilizado el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según minolta (1993).

El color de la miga será realizado en el centro de la rebanada de pan, por triplicado y el color de la corteza en la parte superior del pan, en el punto medio.

La cromacidad será determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Cromacidad (C*)} = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$$

El ángulo de tonalidad h será determinado por:

$$h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

3.4.4.3. Textura instrumental.

Para determinar la resistencia a la extensión se utilizará el extensógrafo Brabender.

3.4.4.4. Análisis sensorial.

Será realizado el análisis sensorial de todas formulaciones de pan de molde incluyendo el pan patrón.

Los panes serán evaluados por 30 panelistas no entrenados de ambos sexos y diferentes grupos de edad. Las características evaluadas serán: apariencia general, color, aroma, textura, sabor e intención de compra.

Las muestras estarán codificadas con números de tres cifras. Por otro lado las fichas de evaluación sensorial serán realizadas teniendo en cuenta una escala hedónica de 5 puntos (1=me disgusta mucho a 5=me gusta mucho). Los panelistas serán cuestionados en cuanto a la intención de compra, en caso de que el producto estuviera en venta, en una escala de 5 puntos.

3.4.4.5. Análisis estadístico.

El programa estadística Statistica 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa,OK, USA) será utilizado para determinar los efectos de las variables independientes en la variables respuestas, para calcular los coeficientes de regresión, el análisis de varianza (ANOVA) y construir las superficies de respuesta con nivel de significancia de 5% o 10% según sea el caso.

3.4.5. Evaluación de la mejor formulación de pan de molde.

La elección de la mejor formulación del Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2^2 aplicado, se realizará teniendo en cuenta principalmente que el cómputo químico de aminoácidos sea elevado y que en el análisis sensorial la formulación goce de la mayor aceptación e intención de compra. A la formulación seleccionada como la mejor conjunto con el patrón se le determinará los siguientes análisis:

3.4.5.1. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la mejor formulación y el patrón serán realizadas por los métodos N°44-15A de la AACC(1995), N°920.87 de la AOAC(1980) y 923.03 de la AOAC(1980). El contenido de grasa será determinado según el método 920.39C de la AOAC(1997). Los carbohidratos se determinaran por diferencia. Las pruebas serán realizadas por triplicado.

IV. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental utilizado para la siguiente investigación fue el Diseño Compuesto Central Rotacional o diseño factorial 2^2 , donde las variables independientes son los niveles de harina de quinua y harina de tocosh de papa (Tabla 6).

El diseño experimental que se muestra en la tabla 7 incluye un total de 11 ensayos, 4 ensayos en condiciones axiales, 4 ensayos en condiciones factoriales y 3 repeticiones del punto central.

Mediante el diseño estadístico, el procesamiento y análisis de los datos (programa STATISTICA Statsoft v 12.0) obtenidos se evaluará los efectos las variables independientes sobre las variables dependientes.

A través de las superficies de respuestas obtenidas para cada variable dependiente se seleccionará una región óptima, donde se obtenga un pan con las mejores propiedades físico-químicas y organolépticas.

Tabla 4: Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2 .

Variables Independientes	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
X1 : Harina de quinua (%)	5	5.4	6.5	7.6	8
X2 : Harina de tocosh de papa (%)	5	5.4	6.5	7.6	8

$\alpha=1.4142$

Tabla 5: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2².

Ensayo	Valores codificados		Valores reales	
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
1	-1	-1	5.4	5.4
2	+1	-1	7.6	5.4
3	-1	+1	5.4	7.6
4	+1	+1	7.6	7.6
5	- α	0	5	6.5
6	α	0	8	6.5
7	0	- α	6.5	5
8	0	α	6.5	8
9	0	0	6.5	6.5
10	0	0	6.5	6.5
11	0	0	6.5	6.5

X₁: Harina de quinua, X₂: Harina de tocosh de papa

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Análisis proximal de la harina de trigo

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la harina de trigo se muestran en la Tabla 8.

Tabla 6: Composición químico proximal de la Harina de Trigo en 100g de harina

Componentes	(%)
Humedad	13.6±0.28
Proteína	12.10±0.03
Ceniza	1.27±0.19
Grasa	0.59±0.22
Carbohidratos	72.44
Fibra	1.56±0.16

Los resultados mostrados en la tabla 8 muestran que la humedad asciende a los 13.6±0.28%, valor que es inferior al 15% de humedad, que es el máximo permitido por la N.T.P. 205.027:1986.

El contenido de proteína de la harina es de 12,10%, siendo mayor al 7,0% referido en el CODEX Alimentarius 152-1985.

Con respecto al contenido de ceniza se obtuvo 1.27±0.19%, lo cual cumple con la N.T.P. 205.027:1986, para harina de trigo enriquecida.

El contenido de carbohidratos en la harina fue de 72.44%, valor cercano a (Bilbao, 2007), el cual menciona que la harina de trigo tiene alrededor de 70% de carbohidratos.

También (Bilbao, 2007) menciona que el contenido de fibra de una harina de trigo como máximo es de 1.5%, lo cual quiere decir que nuestro resultado se encuentra dentro de los parámetros ya que se reportó una cantidad de fibra del 1.56±0.16%.

4.2. Análisis proximal de la harina de tocosh

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la harina de camote se muestran en la Tabla 9.

Tabla 7: Composición químico proximal de la Harina de Tocosh en 100g de harina

Componentes	(%)
Humedad %	13.24±0.4
Proteína	3.89±0.24
Grasa	0.85±0.14
Carbohidratos	80.4
Ceniza	1.62±0.17

Los resultados mostrados en la tabla 16 muestran que la humedad asciende a los 13.24±0.4%, valor que es inferior al 15% de humedad, que es el máximo permitido por la N.T.P. 205.027:1986.

El contenido de proteína de la harina de tocosh es de 3.89±0.24%, valor que está por encima del indicado por Bravo (1991), el cual es 2.63%

Con respecto al contenido de ceniza se obtuvo 1.62±0.17%, lo cual está por encima de la N.T.P. 205.030:1986, para harinas.

La harina de tocosh es un excelente productor de energía (343 kcalorías/100g).

4.3. Análisis proximal de la harina de quinua

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la harina de camote se muestran en la Tabla 10.

Tabla 8: Composición químico proximal de la Harina de Quinua en 100g de harina

Componentes (%)	Harina de Quinua
Humedad	10.4±0.60
Proteína	12.69
Cenizas	2.6±0.12
Grasa	3.18
Carbohidratos	71.13

Los resultados mostrados en tabla 10, nos indican que la Harina de Quinua tenía un porcentaje de 10.4% de Humedad y 2.6% de Cenizas, los cuales se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles por la **Norma Técnica Peruana 205.062 de INDECOPI**; (11.5 y 2.5 % respectivamente).

El contenido de grasa obtenido en este trabajo de investigación fue 3.18% la cual se encuentra dentro del rango de 1.8% a 9.3% reportado por Bo (1991) y Morón (1999) citados por por Jacobsen y Sherwood (2002), quienes indican que el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor

debido a su alto porcentaje de ácidos grasos insaturados. Es importante recalcar la cantidad relativamente alta de aceite en la quinua, aspecto que ha sido muy poco estudiado, pero que la convierte en una fuente potencial de omega 3 y omega 6, ayudando a reducir el colesterol LDL (o colesterol malo) del organismo y elevar el colesterol HDL (o colesterol bueno).

En general, si se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quinua y los del trigo, arroz y maíz (que tradicionalmente se mencionan en la bibliografía como los granos de oro) se puede corroborar que los valores promedios que reportan para la quinua son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína, grasa y ceniza (Rojas et al., 2010). Dichos resultados de la composición porcentual para la harina de quinua concuerda con los reportados por Bilbao, 2007.

4.4. Colorimetría de la harina de trigo, quinua y harina de tocosh.

Los resultados del análisis del color de las harinas de trigo, de quinua y de tocosh se muestran en la tabla 11.

Tabla 9: Colorimetría de las harinas de trigo y cascara de maracuyá

Materia Prima	Luminosidad (L)	a *	b *	Cromacidad (C)	Angulo de tonalidad (H)
Harina de trigo	95.98±0.09	-0.47±0.09	13.91±0.18	13.59±0.18	91.91±0.16
Harina de Tocosh	80.85±0.78	23.78±0.52	35.93±0.07	43.08±0.1	56.50±0.67
Harina de quinua	93.36±0.18	-0.33±0.02	14.18±0.81	14.20±0.81	91.24±0.03

Para la harina de trigo, el valor presentado de a* (-0.47) muestra una ligera tendencia al color verde, con respecto al valor de b* (13.91), el cual muestra una tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides. El ángulo de tonalidad presentó un valor de 91.91 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo y amarillo). La cromacidad o grado de pigmentación presentó un valor de 13.59.

La variabilidad del color de la harina de trigo se ve afectada por variables como el genotipo de trigo, extracción de la harina., condicionamiento del grano antes de la molienda, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de siembra. (Ortolan, 2006).

Con respecto a la harina de tocosh observamos que el valor presentado de b* (35.93), el cual muestra una tendencia al color plomo mayor que la harina de trigo. El valor de a* (23.78) muestra una tendencia al color plomo y con respecto al ángulo de tonalidad presentó un valor de 56.50 que corresponde

al límite del primer y segundo cuadrante de las coordenadas de color plomo con una tendencia más al blanco. La cromacidad o grado de pigmentación presentó un valor de 43.08.

El valor presentado de b^* (14.18), muestra una tendencia al color amarillo, con respecto al valor de a^* (-0.33) una ligera tendencia al color verde y con respecto al ángulo de tonalidad presentó un valor de 91.24 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo y amarillo). La cromacidad o grado de pigmentación presentó un valor de 14.20.

4.5. Volumen específico.

La **Tabla 12** muestra los valores codificados y reales del diseño factorial aplicada y los resultados obtenidos para la variable respuesta de volumen específico.

Como se puede observar en la **Tabla 12**, se muestra los resultados de volumen específico para cada una de los ensayos. Los valores se encuentran entre 4.300 (Formulación 11) y 4.787 (Formulación 2); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10 y 11 considerados repeticiones y/o con condición de punto central mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

Tabla 10: Volumen específico del pan de molde.

Ensayos	Harina de quinua	Harina de tocosh	Volumen Específico (ml/g)
1	-1.00 (5.4)	-1.00 (5.4)	4.787
2	1.00 (7.6)	-1.00 (5.4)	4.458
3	-1.00 (5.4)	1.00 (7.6)	4.704
4	1.00 (7.6)	1.00 (7.6)	4.505
5	-1.41 (5.0)	0 (6.5)	4.38
6	1.41 (8.0)	0 (6.5)	4.392
7	0 (6.5)	-1.41 (5.0)	4.508
8	0 (6.5)	1.41 (8.0)	4.502
9	0 (6.5)	0 (6.5)	4.307
10	0 (6.5)	0 (6.5)	4.333
11	0 (6.5)	0 (6.5)	4.300
Patrón	-	-	4.595

Al realizar el procesamiento de datos en el software STATISTICA STATSOFT se obtuvo los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes en estudio (**Tabla 13**) y los efectos significativos para la variable en estudio que se muestra en el diagrama de Pareto (**figura 3**). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar,

el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de quinua (x_1) y Harina de tocosh (x_2).

Tabla 11: Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de los panes de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	4.31	0.08	54.41	<0.0001
x_1 (L)	-0.13	0.09	-1.32	0.2453
x_1 (Q)	0.16	0.12	1.36	0.2332
x_2 (L)	-0.01	0.09	-0.11	0.9133
x_2 (Q)	0.28	0.12	2.39	0.0627
$x_1 \times x_2$	0.07	0.14	0.47	0.6559

x_1 =Harina de quinua, x_2 =Harina de tocosh, L=término lineal, Q=término cuadrático. * Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%. Por tanto se concluye que los términos significativos (ver tabla 13 y figura 2) en el estudio de la variable Volumen Específico; fue el término cuadrático de harina de tocosh.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el diseño factorial 2^2 completo fue de **61.911%**. Este valor indica un bajo ajuste del modelo; por lo que no se puede concluir en un modelo ajustado.

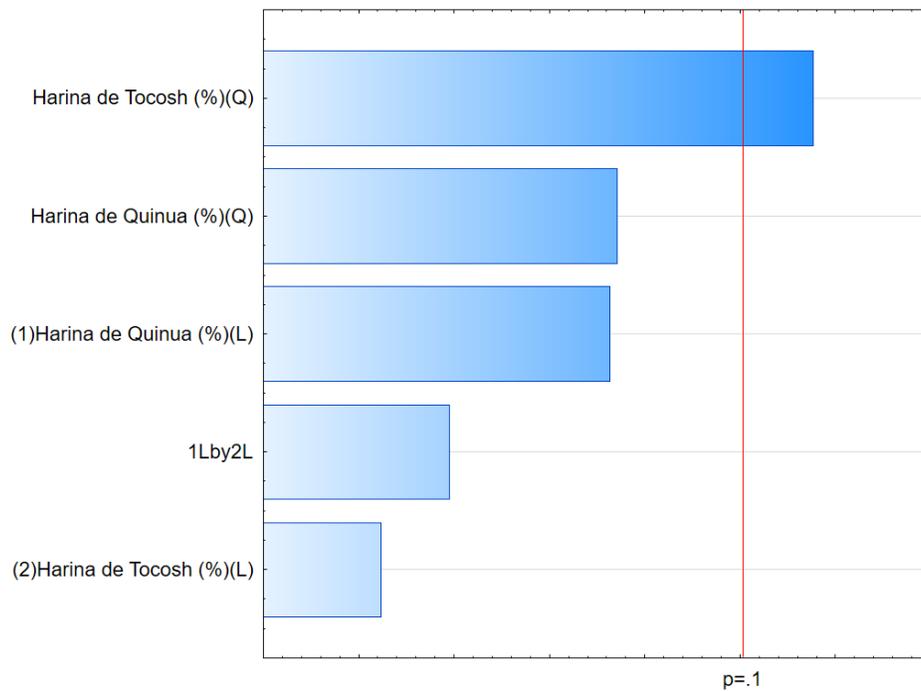


Figura 2: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.

4.6. Evaluación sensorial.

La tabla 14 muestra los resultados de la evaluación sensorial de los panes de molde con Harina de quinua y Harina de tocosh.

Tabla 12: Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde

Ensayos	Harina de quinua	Harina de tocosh	Color			Textura	Sabor	% de Intención de compra
			Apariencia	Aroma				
1	-1.00 (5.4)	-1.00 (5.4)	7.31	6.78	6.59	7.28	7.16	3.81
2	1.00 (7.6)	-1.00 (5.4)	7.22	6.97	6.78	7.34	7.25	3.88
3	-1.00 (5.4)	1.00 (7.6)	7.00	6.38	5.28	3.37	6.66	2.41
4	1.00 (7.6)	1.00 (7.6)	6.66	6.63	5.25	6.72	3.31	2.34
5	-1.41 (5.0)	0 (6.5)	6.72	3.37	6.34	3.34	6.84	3.37
6	1.41 (8.0)	0 (6.5)	6.81	7.38	5.81	7.66	6.97	2.91
7	0 (6.5)	-1.41 (5.0)	7.00	6.81	6.75	6.78	2.72	4.03
8	0 (6.5)	1.41 (8.0)	6.50	3.41	2.47	3.13	2.41	1.53
9	0 (6.5)	0 (6.5)	6.63	6.69	5.97	6.60	6.69	3.03
10	0 (6.5)	0 (6.5)	6.66	6.72	5.81	6.69	6.69	3.34
11	0 (6.5)	0 (6.5)	6.66	6.69	5.9	6.69	6.66	3.19
Patrón	-	-	8.34	8.38	8.13	8.25	8.09	4.47

4.6.1. Color del pan de molde.

Los valores reportados para el color del pan de molde presentan un rango de 6.50 a 7.31 (tabla 14)

La tabla 14 muestra al ensayo 1 y 2 como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

Tabla 13: Coeficientes de regresión para respuesta color de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	6.65	0.12	55.99	<0.0001
x₁ (L)	-0.08	0.15	-0.53	0.6205
x₁ (Q)	0.26	0.17	1.52	0.1883
x₂ (L)	-0.39	0.15	-2.72	0.0418
x₂ (Q)	0.25	0.17	1.43	0.2124
x₁ x x₂	-0.13	0.21	-0.61	0.5698

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

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

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta color de los panes de molde, tabla 15 y figura 4. Analizando estos efectos se observa que el término que tuvo efecto significativo (p<0.05) fue el término lineal de Harina de tocosh.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el diseño factorial completo 2² de la variable en estudio fue de **69.552%**. Este valor indica un bajo ajuste del modelo. Por lo tanto no es posible establecer un modelo matemático de tendencia para el color del pan de molde, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de Harina de quinua y Harina de tocosh, dentro de los rangos estudiados.

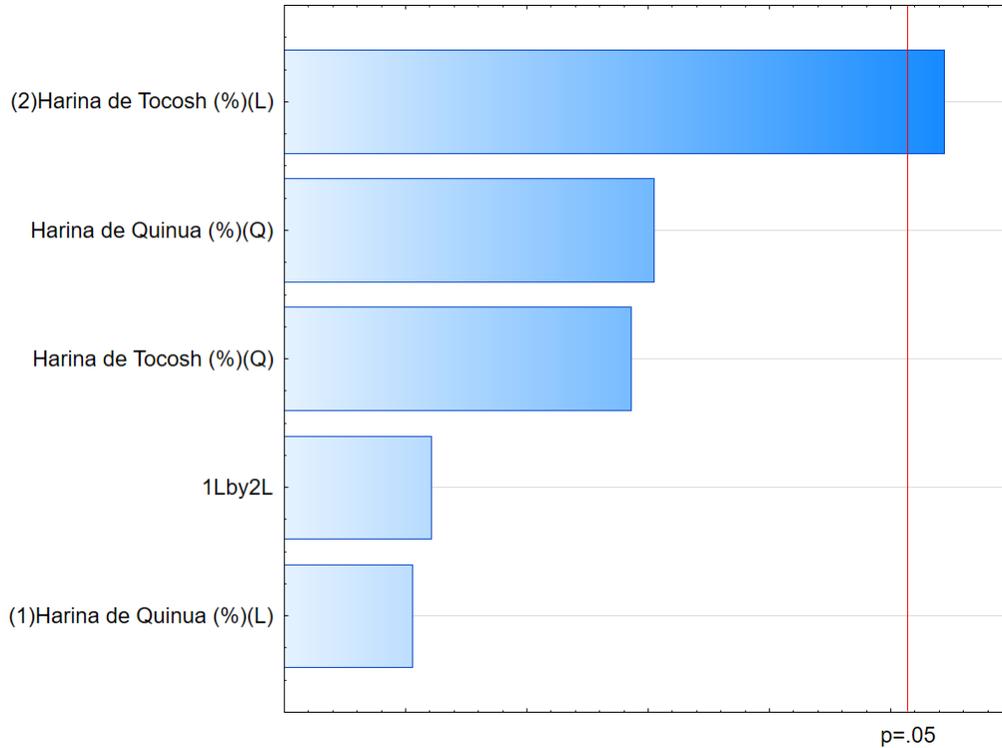


Figura 3: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta color.

4.6.2. Apariencia del pan de molde.

La tabla 14 muestra los resultados de apariencia para cada formulación del diseño factorial 2^2 .

La tabla 14 muestra al ensayo 2,6 y 7 como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta apariencia del pan de molde, tabla 16 y figura 5. Analizando las probabilidades de cada termino se concluye que ningún termino lineal de Harina de quinoa y harina de tocosh tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la apariencia de los panes de molde.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **50.289%**. Lo que indica un bajo ajuste en los datos.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la apariencia de los panes de molde, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de Harina de quinua y Harina de tocosh, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

Tabla 14: Coeficientes de regresión para respuesta apariencia de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	6.69	0.80	8.35	<0.0001
x₁ (L)	1.52	0.98	1.55	0.1816
x₁ (Q)	-0.60	1.17	-0.51	0.6291
x₂ (L)	-1.39	0.98	-1.42	0.2157
x₂ (Q)	-0.87	1.17	-0.74	0.4919
x₁ x x₂	0.03	1.39	0.02	0.9829

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

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

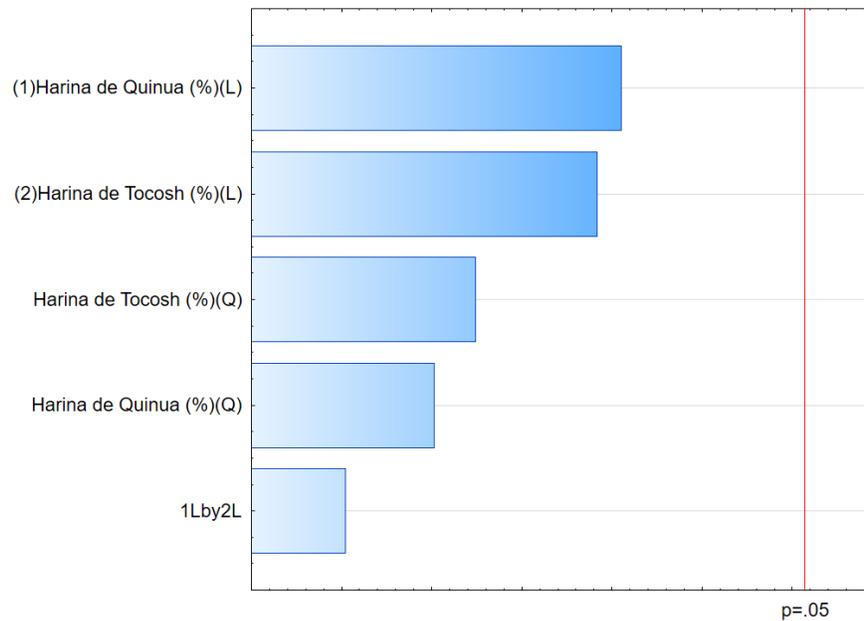


Figura 4: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta apariencia

4.6.3. Aroma del pan de molde.

La tabla 14 muestra los resultados de aroma para cada formulación del diseño factorial 2^2 .

La tabla 3 muestra al ensayo 1,2 y 7 como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta aroma, tabla 17 y figura 6. Analizando las probabilidades de cada término se concluye que solo el término lineal de Harina de tocosh tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el aroma de los panes de molde.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **84.718%**. Lo que indica un buen ajuste del modelo. Pero que al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **68.357%**; no pudiéndose representar una superficie de respuesta y una ecuación de modelo ajustado para la variable en estudio.

Tabla 15: Coeficientes de regresión para respuesta aroma de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	5.93	0.38	15.43	<0.0001
x₁ (L)	-0.15	0.47	-0.32	0.7646
x₁ (Q)	0.47	0.56	0.83	0.4418
x₂ (L)	-2.22	0.47	-4.73	0.0052
x₂ (Q)	-1.00	0.56	-1.79	0.1337
x₁ x x₂	-0.11	0.67	-0.16	0.8758

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

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

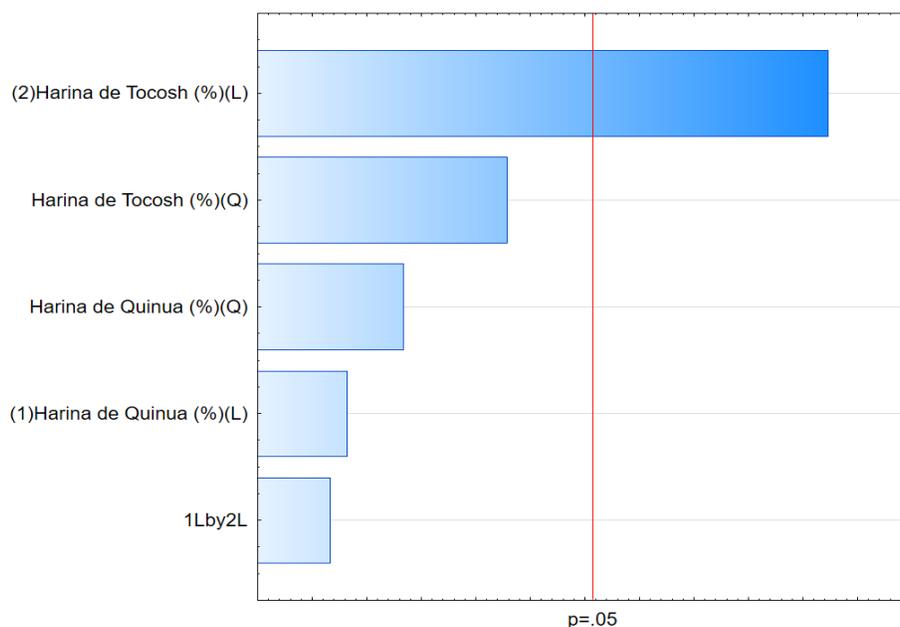


Figura 5: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta aroma

4.6.4. Textura del pan de molde.

La tabla 14 muestra los resultados de la textura sensorial para cada formulación del diseño factorial 2².

La tabla 3 muestra al ensayo 1,2 y 6 como el que goza de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta sabor, presentados en la tabla 18. Los términos que indican significancia estadística fueron los términos lineales de la Harina de quinua y Harina de tocosh.

Tabla 16: Coeficientes de regresión para respuesta textura de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	6.66	0.43	15.45	<0.0001
x₁ (L)	2.38	0.53	4.50	0.0064
x₁ (Q)	-0.68	0.63	-1.09	0.3265
x₂ (L)	-2.43	0.53	-4.59	0.0059
x₂ (Q)	-1.23	0.63	-1.95	0.1080
x₁ x x₂	1.64	0.75	2.19	0.0793

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

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

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el diseño experimental completo de la variable en estudio fue de **90.965%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del diseño experimental completo, aquellos términos por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 que se presenta para el modelo ajustado es de **74.812%**.

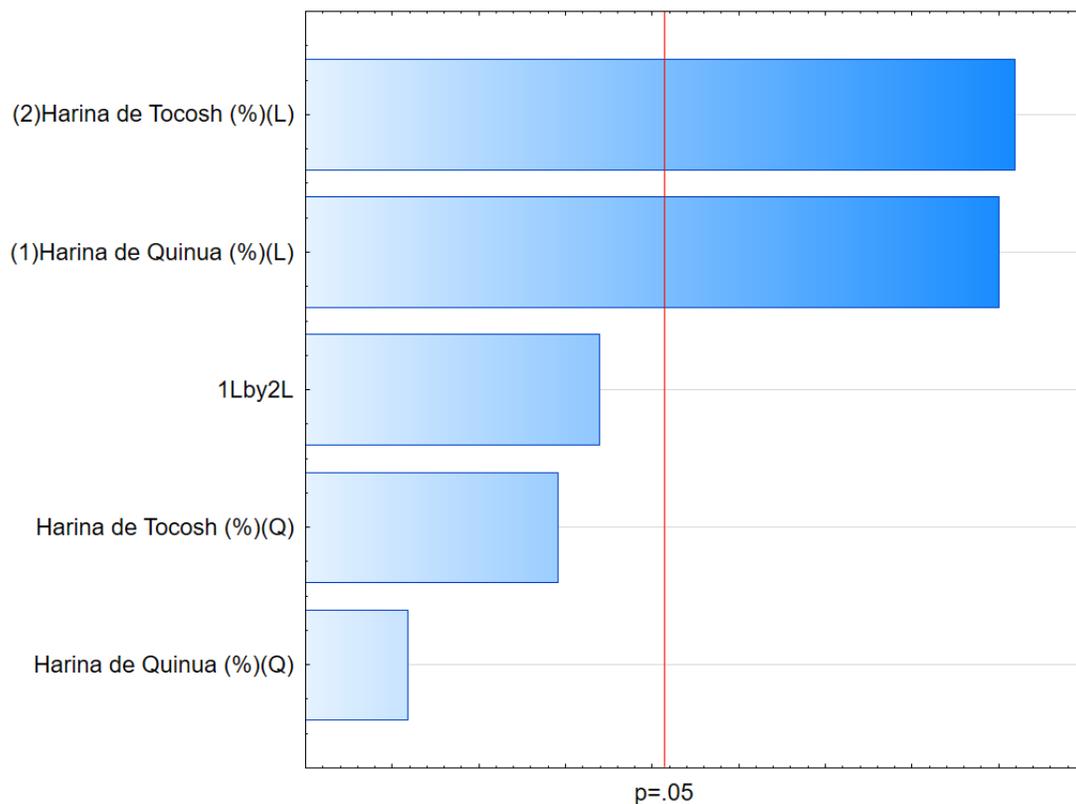


Figura 6: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta textura.

Tabla 17: Análisis de varianza para la respuesta sabor del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.10)
Regresión	23.07	2	11.535		
Residuos	7.77	8	0.971	11.88	3.07
Total	30.84	10	3.084		

Al determinar el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 19, se observa que el modelo que describe la respuesta textura en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y el valor de $F_{calculado}$ es mayor al $F_{tabulado}$, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo de variables codificadas representado en la ecuación 1, que muestra la posibilidad de la textura de ser estimado en función de la Harina de quinua y Harina de tocosh.

$$\text{Textura} = 6.66 + 2.38x_1 - 0.43x_2 \dots\dots(1)$$

Donde:

x_1 =Harina de quinua.

x_2 =Harina de tocosh.

Así mismo, es posible construir una superficie de respuesta para la textura en función de las variables independientes, la cual se presenta en la **figura 8**.

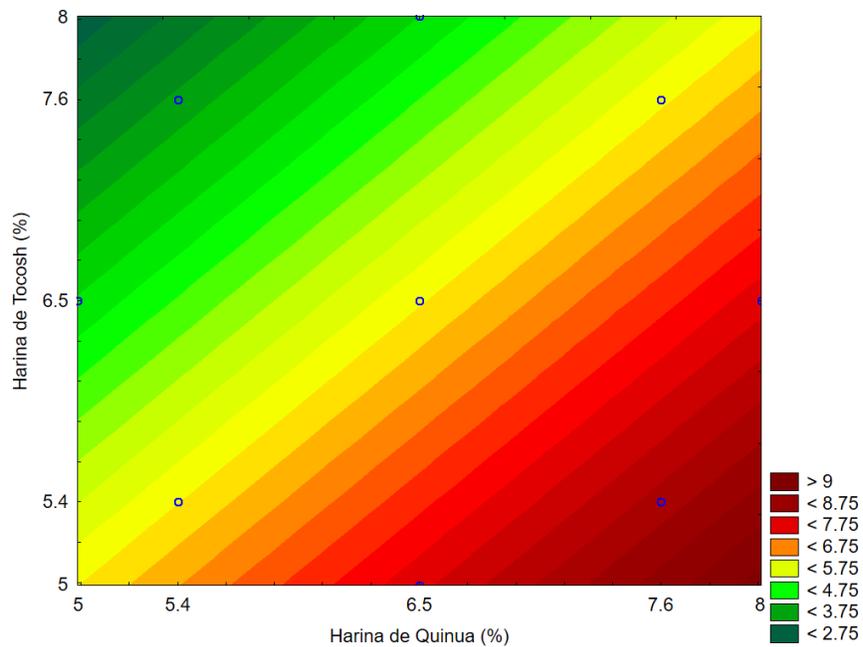
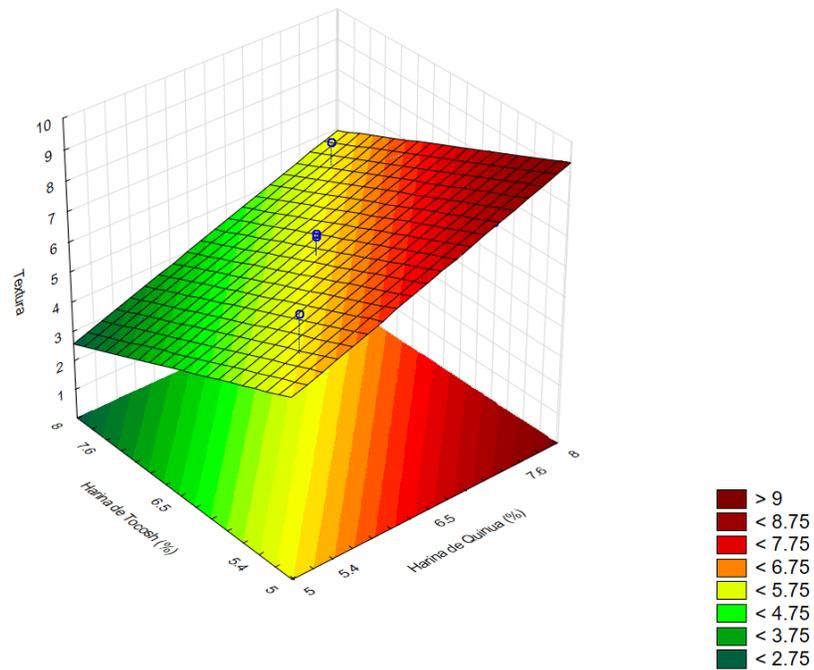


Figura 7: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de Harina de quinua (%) y Harina de tocosh.

La superficie de respuesta representada en la figura 8 indica que al adicionar niveles de Harina de tocosh (de 5 a 5.4%) y Harina de quinua (de 7.6 a 8.0%); se obtendrá valores mayores 9 en el parámetro en estudio.

4.6.5. Sabor del pan de molde.

La tabla 14 muestra los resultados de aroma para cada formulación del diseño factorial 2².

La tabla 14 muestra al ensayo 1y 2 como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta aroma, tabla 20 y figura 9. Analizando las probabilidades de cada termino se concluye que solo el termino cuadrático de Harina de tocosh tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el sabor de los panes de molde.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **80.448%**. Lo que indica un buen ajuste del modelo. Pero que al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **57.845%**; no pudiéndose representar una superficie de respuesta y una ecuación de modelo ajustado para la variable en estudio.

Tabla 18: Coeficientes de regresión para respuesta sabor de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	6.68	0.69	9.66	<0.0001
x₁ (L)	-0.77	0.85	-0.91	0.4055
x₁ (Q)	0.91	1.01	0.90	0.4082
x₂ (L)	-1.22	0.85	-1.44	0.2089
x₂ (Q)	-3.43	1.01	-3.41	0.0190
x₁ x x₂	-1.72	1.19	-1.44	0.2104

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

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

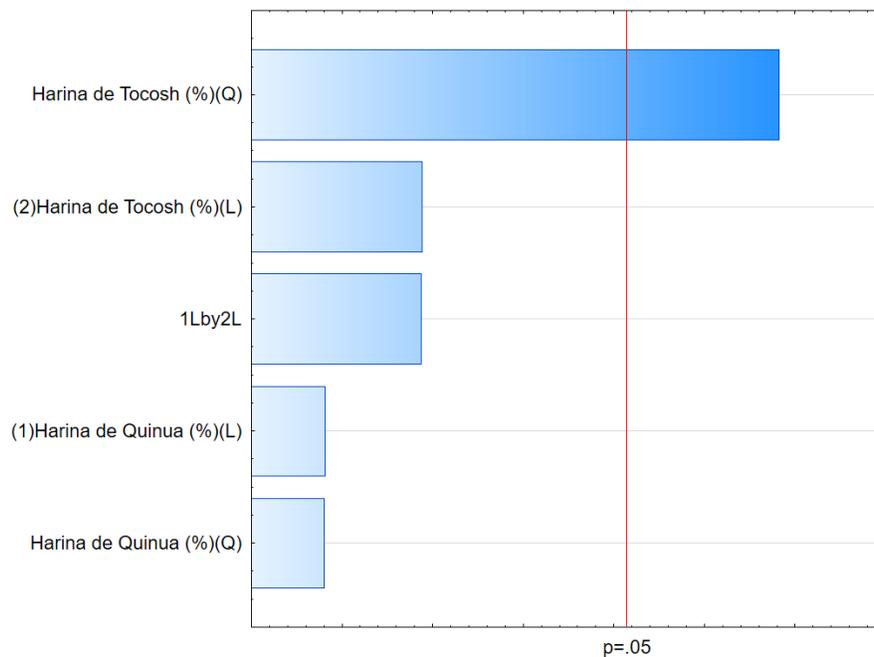


Figura 8: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta sabor

4.6.6. Intención de compra del pan de molde.

De forma general los valores reportados para la intención de compra del panes de molde presentan un rango de 1.53 a 3.88 (tabla 14).

La tabla 14 muestra al ensayo 1,2 y 5 como los que gozan de la intención de compra por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta intención de compra, tabla 21 y figura 10.

Analizando estos efectos se observó que el parámetro que tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) fue el término lineal de Harina de tocosh.

Tabla 19: Coeficientes de regresión para respuesta intención de compra de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	3.19	0.11	28.13	<0.0001
x₁ (L)	-0.17	0.14	-1.19	0.2859
x₁ (Q)	0.03	0.17	0.17	0.8749
x₂ (L)	-1.62	0.14	-11.66	<0.0001
x₂ (Q)	-0.33	0.17	-2.01	0.1006
x₁ x x₂	-0.06	0.19	-0.32	0.7629

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

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

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **96.604%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **92.394%**.

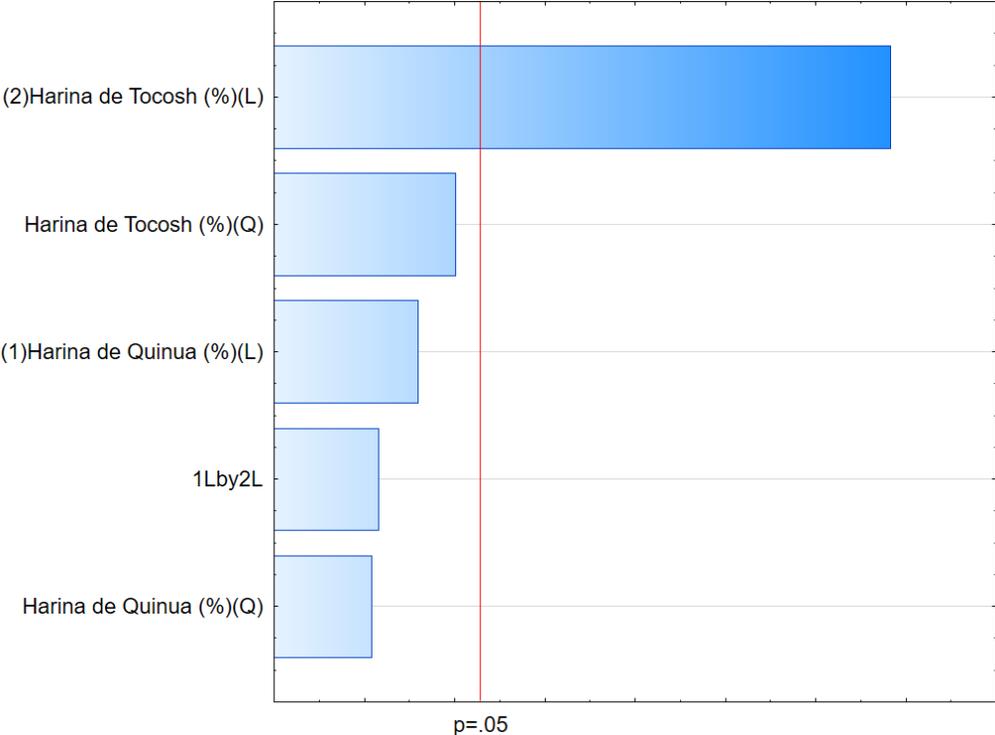


Figura 9: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta intención de compra

Tabla 20: Análisis de varianza para la respuesta intención de compra de los panes de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	5.24	1	5.24		
Residuos	0.43	9	0.05	104.8	3.07
Total	5.67	10	0.57		

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 22, se observa que el modelo que describe la respuesta intención de compra en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y el valor $F_{calculado}$ es mayo al $F_{tabulado}$, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 2, que muestra la posibilidad de la intención de compra de ser estimado en función de la Harina de tocosh.

$$\text{Intención de compra} = 3.19 - 1.62 x_2 \dots (2)$$

Donde:

x_2 =Harina de tocosh.

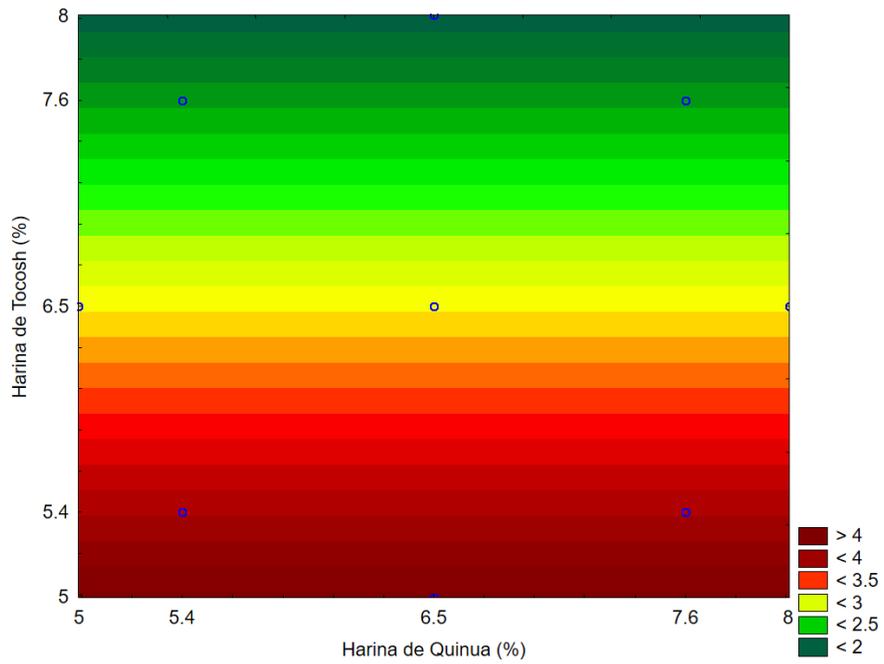
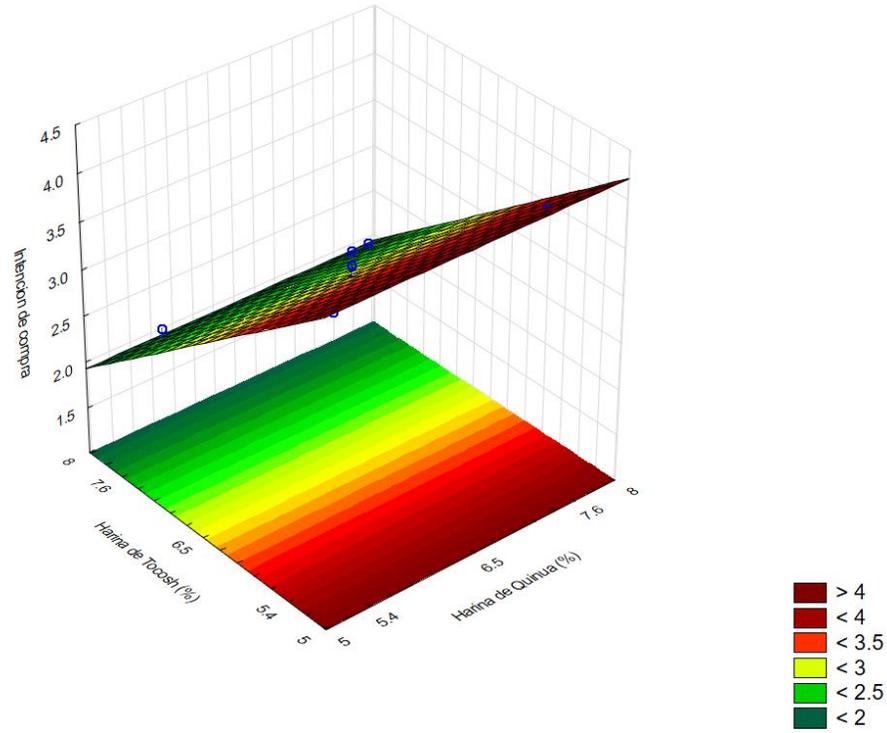


Figura 10: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la intención de compra de los panes de molde en función de: Contenido de Harina de quinua (%) y Harina de tocosh.

La figura 11 muestra la superficie de respuesta obtenida para la variable intención de compra. La superficie de respuesta representada indica que al adicionar niveles de Harina de tocosh (de 5 a 5.4%) se obtendrá valores mayores 4 en el parámetro en estudio. El término lineal de Harina de quinua no es estadísticamente significativo para el parámetro en estudio.

4.7 Análisis de la luminosidad de la miga

La **Tabla 23** muestra los valores codificados y reales del diseño factorial aplicado y los resultados obtenidos para la variable respuesta de luminosidad de la miga.

Como se puede observar en la **Tabla 23**, se muestra los resultados de luminosidad de la miga para cada una de los ensayos. Los valores se encuentran entre 74.803 (Formulación 9) y 81.973 (Formulación 11); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10 y 11 considerados repeticiones y/o con condición de punto central no mostraron valores próximos; lo que indica la regular repetitividad del proceso realizado.

Tabla 21: Luminosidad de la miga del pan de molde.

Ensayos	Harina de quinua	Harina de tocosh	Luminosidad
1	-1.00 (5.4)	-1.00 (5.4)	81.557
2	1.00 (7.6)	-1.00 (5.4)	81.66
3	-1.00 (5.4)	1.00 (7.6)	79.237
4	1.00 (7.6)	1.00 (7.6)	77.217
5	-1.41 (5.0)	0 (6.5)	79.823
6	1.41 (8.0)	0 (6.5)	78.346
7	0 (6.5)	-1.41 (5.0)	80.347
8	0 (6.5)	1.41 (8.0)	81.65
9	0 (6.5)	0 (6.5)	74.803
10	0 (6.5)	0 (6.5)	81.973
11	0 (6.5)	0 (6.5)	77.31
Patrón	-	-	81.723

Al realizar el procesamiento de datos en el software STATISTICA STATSOFT se obtuvo los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes en estudio (**Tabla 23**) y los efectos significativos para la variable en estudio que se muestra en el diagrama de Pareto (**figura 12**). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental); y

los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de quinua (x_1) y Harina de tocosh (x_2).

Tabla 22: Coeficientes de regresión para respuesta Luminosidad de la miga de los panes de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	1.539790	1.539790	50.68320	<0.0001
x_1 (L)	0.961627	1.923253	-0.52960	0.619054
x_1 (Q)	1.179134	2.358269	0.41317	0.696601
x_2 (L)	0.961627	1.923253	-0.67174	0.531532
x_2 (Q)	1.179134	2.358269	1.28611	0.254739
$x_1 \times x_2$	1.335849	2.671697	-0.39731	0.707530

x_1 =Harina de quinua, x_2 =Harina de tocosh, L=término lineal, Q=término cuadrático. * Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%. Por tanto se concluye que no existen términos significativos (ver tabla 23 y figura 12) en el estudio de la variable Luminosidad de la miga.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el diseño factorial 2^2 completo fue de **33.78%**. Este valor indica un bajo ajuste del modelo; por lo que no se puede concluir en un modelo ajustado.

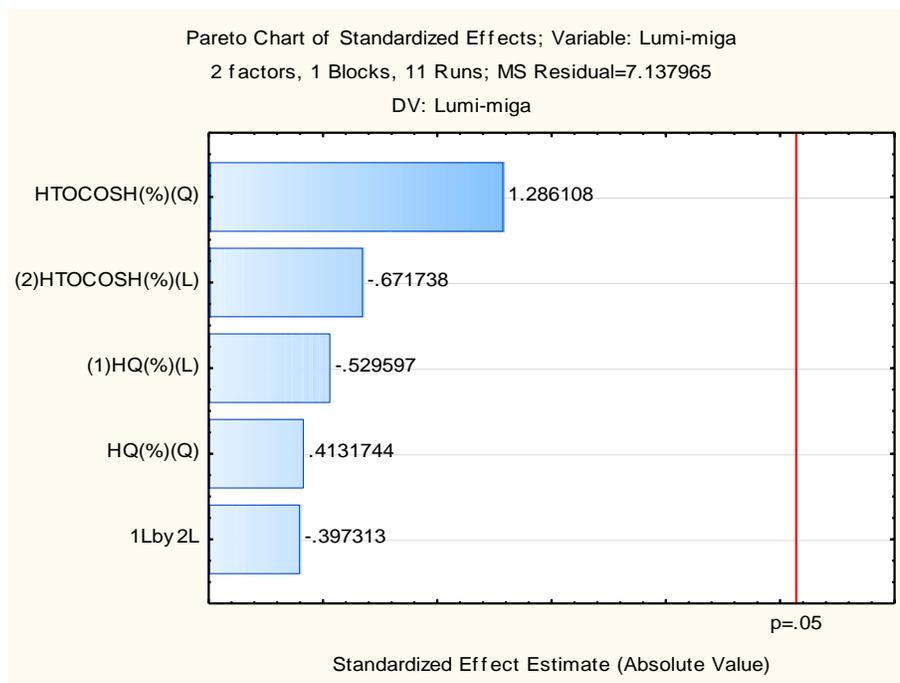


Figura 11: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Luminosidad de la miga

4.8 Análisis de la Cromacidad de la miga

La **Tabla 24** muestra los valores codificados y reales del diseño factorial aplicada y los resultados obtenidos para la variable respuesta de luminosidad de la miga.

Como se puede observar en la **Tabla 24**, se muestra los resultados de luminosidad de la miga para cada una de los ensayos. Los valores se encuentran entre 12.486 (Formulación 3) y 15.802 (Formulación 9); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10 y 11 considerados repeticiones y/o con condición de punto central mostraron valores próximos; lo que indica la regular repetitividad del proceso realizado.

Tabla 23: Cromacidad de la miga del pan de molde.

Ensayos	Harina de quinua	Harina de tocosh	Cromacidad
1	-1.00 (5.4)	-1.00 (5.4)	13.19
2	1.00 (7.6)	-1.00 (5.4)	13.291
3	-1.00 (5.4)	1.00 (7.6)	12.486
4	1.00 (7.6)	1.00 (7.6)	15.507
5	-1.41 (5.0)	0 (6.5)	13.892
6	1.41 (8.0)	0 (6.5)	15.488
7	0 (6.5)	-1.41 (5.0)	13.452
8	0 (6.5)	1.41 (8.0)	14.702
9	0 (6.5)	0 (6.5)	15.802
10	0 (6.5)	0 (6.5)	13.317
11	0 (6.5)	0 (6.5)	13.291
Patrón	-	-	11.45

Al realizar el procesamiento de datos en el software STATISTICA STATSOFT se obtuvo los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes en estudio (**Tabla 24**) y los efectos

significativos para la variable en estudio que se muestra en el diagrama de Pareto (figura 13). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de quinua (x_1) y Harina de tocosh (x_2).

Tabla 24: Coeficientes de regresión para respuesta Cromacidad de la miga de los panes de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	14.17314	0.597900	23.70486	<0.000002
x_1 (L)	1.37281	0.746799	1.83826	0.125428
x_1 (Q)	0.13708	0.915715	0.14969	0.886859
x_2 (L)	0.83341	0.746799	1.11598	0.315174
x_2 (Q)	-0.52224	0.915715	-0.57031	0.593139
$x_1 \times x_2$	1.46000	1.037419	1.40734	0.218347

x_1 =Harina de quinua, x_2 =Harina de tocosh, L=término lineal, Q=término cuadrático. * Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%. Por tanto se concluye que no existen términos significativos (ver tabla 24 y figura 13) en el estudio de la variable Cromacidad de la miga.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el diseño factorial 2^2 completo fue de **58.42%**. Este valor indica un bajo ajuste del modelo; por lo que no se puede concluir en un modelo ajustado.

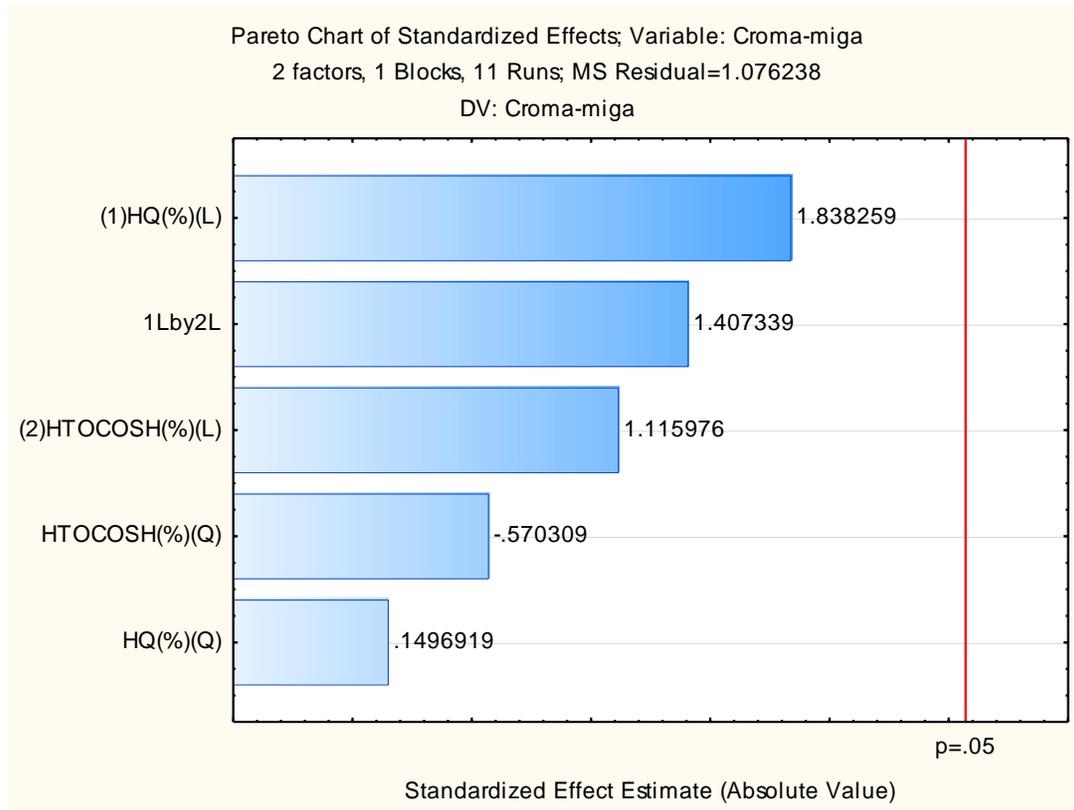


Figura 12: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Cromacidad de la miga

4.9 Análisis de la luminosidad de la corteza

La **Tabla 25** muestra los valores codificados y reales del diseño factorial aplicada y los resultados obtenidos para la variable respuesta de luminosidad de la corteza.

Como se puede observar en la **Tabla 23**, se muestra los resultados de luminosidad de la corteza para cada una de los ensayos. Los valores se encuentran entre 51.487 (Formulación 10) y 61.74 (Formulación 4); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10 y 11 considerados repeticiones y/o con condición de punto central mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

Tabla 25: Luminosidad de la corteza del pan de molde.

Ensayos	Harina de quinua	Harina de tocosh	Luminosidad
1	-1.00 (5.4)	-1.00 (5.4)	54.408
2	1.00 (7.6)	-1.00 (5.4)	59.405
3	-1.00 (5.4)	1.00 (7.6)	56.182
4	1.00 (7.6)	1.00 (7.6)	61.74
5	-1.41 (5.0)	0 (6.5)	58.363
6	1.41 (8.0)	0 (6.5)	60.95
7	0 (6.5)	-1.41 (5.0)	60.733
8	0 (6.5)	1.41 (8.0)	56.467
9	0 (6.5)	0 (6.5)	51.653
10	0 (6.5)	0 (6.5)	51.487
11	0 (6.5)	0 (6.5)	53.323
Patrón	-	-	54.597

Al realizar el procesamiento de datos en el software STATISTICA STATSOFT se obtuvo los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes en estudio (**Tabla 26**) y los efectos

significativos para la variable en estudio que se muestra en el diagrama de Pareto (figura 14). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de quinua (x_1) y Harina de tocosh (x_2).

Tabla 26: Coeficientes de regresión para respuesta Luminosidad de la corteza de los panes de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	14.17314	0.597900	23.70486	< 0.000002
x_1 (L)	0.68640	0.746799	1.83826	0.125428
x_1 (Q)	0.06854	0.915715	0.14969	0.886859
x_2 (L)	0.41670	0.746799	1.11598	0.315174
x_2 (Q)	-0.26112	0.915715	-0.57031	0.593139
$x_1 \times x_2$	0.73000	1.037419	1.40734	0.218347

x_1 =Harina de quinua, x_2 =Harina de tocosh, L=término lineal, Q=término cuadrático. * Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%. Por tanto se concluye que no existen términos significativos (ver tabla 26 y figura 14) en el estudio de la variable Luminosidad de la miga.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el diseño factorial 2^2 completo fue de **58.42%**. Este valor indica un bajo ajuste del modelo; por lo que no se puede concluir en un modelo ajustado.

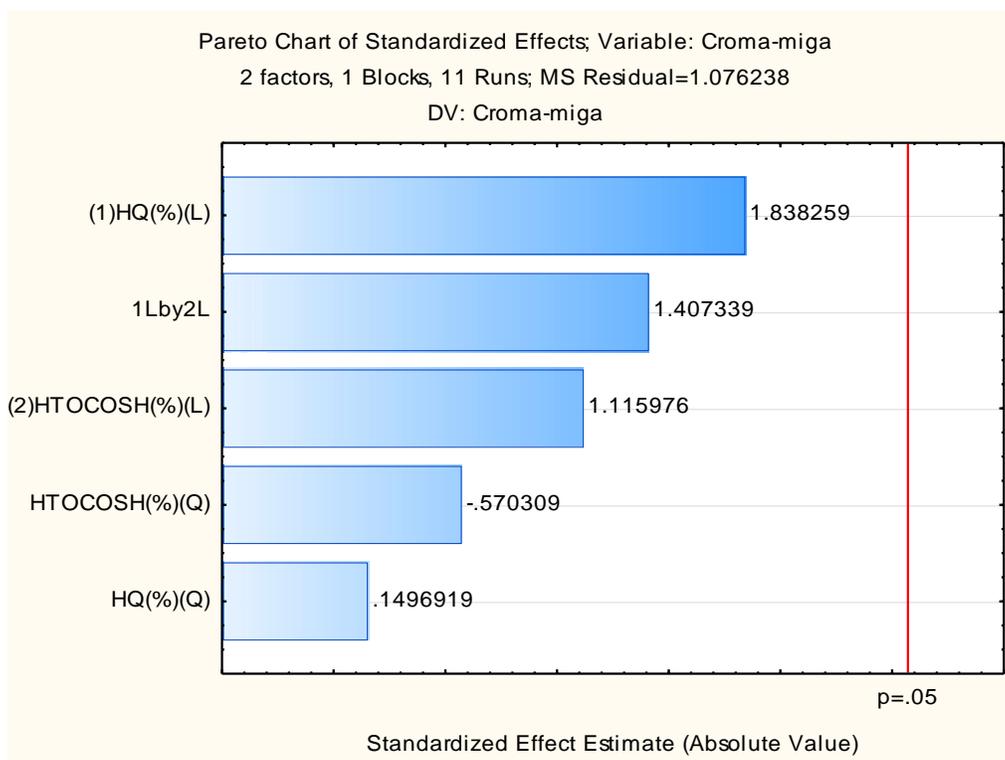


Figura 13: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Luminosidad de la corteza

4.10 Análisis de la Cromacidad de la corteza

La **Tabla 27** muestra los valores codificados y reales del diseño factorial aplicada y los resultados obtenidos para la variable respuesta de cromacidad de la corteza.

Como se puede observar en la **Tabla 27**, se muestra los resultados de luminosidad de la corteza para cada una de los ensayos. Los valores se encuentran entre 27.483 (Formulación 10) y 41.495 (Formulación 5); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10 y 11 considerados repeticiones y/o con condición de punto central mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

Tabla 27: Cromacidad de la corteza del pan de molde.

Ensayos	Harina de quinua	Harina de tocosh	Cromacidad
1	-1.00 (5.4)	-1.00 (5.4)	38.706
2	1.00 (7.6)	-1.00 (5.4)	38.652
3	-1.00 (5.4)	1.00 (7.6)	36.907
4	1.00 (7.6)	1.00 (7.6)	38.136
5	-1.41 (5.0)	0 (6.5)	41.495
6	1.41 (8.0)	0 (6.5)	39.716
7	0 (6.5)	-1.41 (5.0)	40.673
8	0 (6.5)	1.41 (8.0)	39.106
9	0 (6.5)	0 (6.5)	37.247
10	0 (6.5)	0 (6.5)	27.483
11	0 (6.5)	0 (6.5)	38.279
Patrón	-	-	39.464

Al realizar el procesamiento de datos en el software STATISTICA STATSOFT se obtuvo los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes en estudio (**Tabla 28**) y los efectos significativos para la variable en estudio que se muestra en el diagrama de Pareto (**figura 15**). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental); y

los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de quinua (x_1) y Harina de tocosh (x_2).

Tabla 28: Coeficientes de regresión para respuesta Cromacidad de la corteza de los panes de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	34.45706	2.378295	14.48814	< 0.000028
x_1 (L)	-0.16206	2.970575	-0.10911	0.917361
x_1 (Q)	2.61332	3.642482	1.43491	0.210782
x_2 (L)	-0.57673	2.970575	-0.38830	0.713778
x_2 (Q)	2.22827	3.642482	1.22349	0.275653
$x_1 \times x_2$	0.32075	4.126590	0.15546	0.882543

x_1 =Harina de quinua, x_2 =Harina de tocosh, L=término lineal, Q=término cuadrático. * Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%. Por tanto se concluye que no existen términos significativos (ver tabla 28 y figura 15) en el estudio de la variable Cromacidad de la corteza.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el diseño factorial 2^2 completo fue de **37.71%**. Este valor indica un bajo ajuste del modelo; por lo que no se puede concluir en un modelo ajustado.

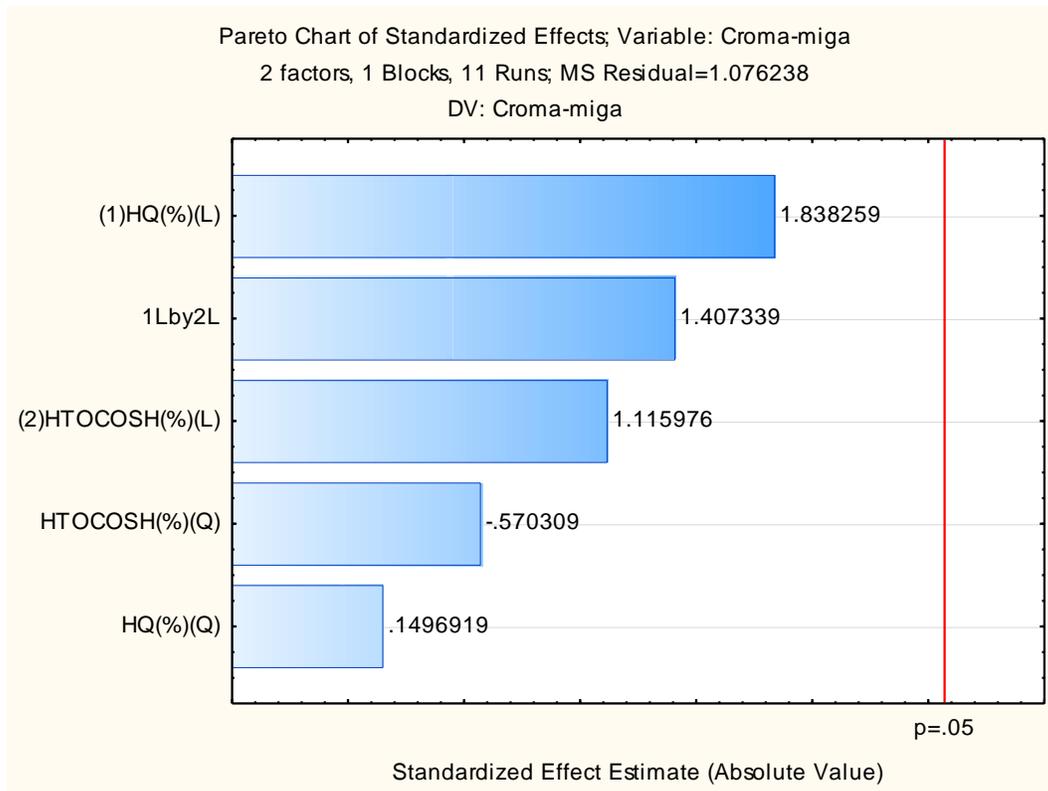


Figura 14: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Cromacidad de la corteza

4.11. Análisis de perfil de textura.

4.11.1 Análisis de la dureza del pan de molde

La **Tabla 29** muestra los valores codificados y reales del diseño factorial aplicada y los resultados obtenidos para la variable respuesta de Dureza del pan de molde.

Como se puede observar en la **Tabla 29**, se muestra los resultados de luminosidad de la corteza para cada una de los ensayos. Los valores se encuentran entre 2.5 (Formulación 1) y 7.3 (Formulación 5); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10 y 11 considerados repeticiones y/o con condición de punto central mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

Tabla 29: Dureza del pan de molde.

Ensayos	Harina de quinua	Harina de tocosh	Dureza (Newton)
1	-1.00 (5.4)	-1.00 (5.4)	2.5
2	1.00 (7.6)	-1.00 (5.4)	2.73
3	-1.00 (5.4)	1.00 (7.6)	4.29
4	1.00 (7.6)	1.00 (7.6)	6.3
5	-1.41 (5.0)	0 (6.5)	7.3
6	1.41 (8.0)	0 (6.5)	6.91
7	0 (6.5)	-1.41 (5.0)	2.82
8	0 (6.5)	1.41 (8.0)	4.19
9	0 (6.5)	0 (6.5)	5.25
10	0 (6.5)	0 (6.5)	3.89
11	0 (6.5)	0 (6.5)	4.69
Patrón	-	-	2.82

Al realizar el procesamiento de datos en el software STATISTICA STATSOFT se obtuvo los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes en estudio (**Tabla 30**) y los efectos significativos para la variable en estudio que se muestra en el diagrama de Pareto (**figura 16**). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de quinua (x_1) y Harina de tocosh (x_2).

Tabla 30: Coeficientes de regresión para respuesta Dureza de los panes de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	4.67528	0.675779	6.91836	<0.000968
x_1 (L)	0.22130	0.844072	0.52435	0.622440
x_1 (Q)	0.93185	1.034990	1.80070	0.131639
x_2 (L)	0.93641	0.844072	2.21880	0.077245
x_2 (Q)	-1.00415	1.034990	-1.94040	0.110014
$x_1 \times x_2$	0.44500	1.172546	0.75903	0.482062

x_1 =Harina de quinua, x_2 =Harina de tocosh, L=término lineal, Q=término cuadrático. * Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%. Por tanto se concluye que no existen términos significativos (ver tabla 30 y figura 16) en el estudio de la variable Dureza del pan de molde.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el diseño factorial 2^2 completo fue de **75.26%**. Este valor indica un bajo ajuste del modelo; por lo que no se puede concluir en un modelo ajustado.

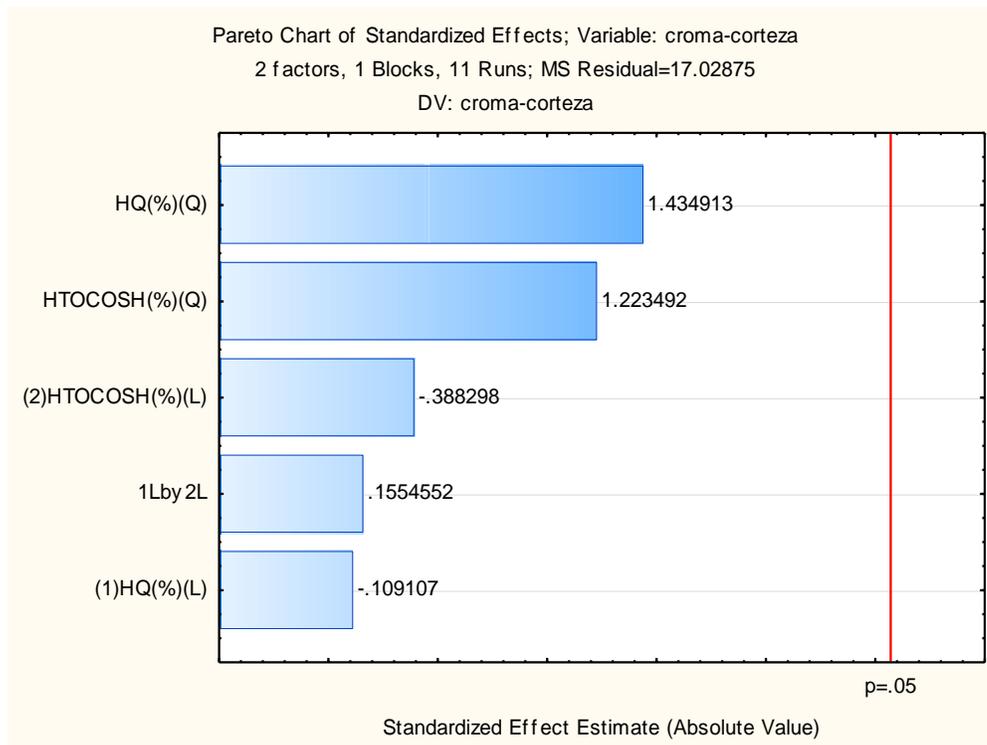


Figura 15: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Dureza del pan de molde

4.11.2 Análisis de la masticabilidad del pan de molde

La **Tabla 31** muestra los valores codificados y reales del diseño factorial aplicada y los resultados obtenidos para la variable respuesta de Dureza del pan de molde.

Como se puede observar en la **Tabla 31**, se muestra los resultados de luminosidad de la corteza para cada una de los ensayos. Los valores se encuentran entre 14.47 (Formulación 1) y 36.26 (Formulación 6); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10 y 11 considerados repeticiones y/o con condición de punto central mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

Tabla 31: Masticabilidad del pan de molde.

Ensayos	Harina de quinua	Harina de tocosh	Masticabilidad (mJ)
1	-1.00 (5.4)	-1.00 (5.4)	14.47
2	1.00 (7.6)	-1.00 (5.4)	15.48
3	-1.00 (5.4)	1.00 (7.6)	20.66
4	1.00 (7.6)	1.00 (7.6)	28.06
5	-1.41 (5.0)	0 (6.5)	30.24
6	1.41 (8.0)	0 (6.5)	36.26
7	0 (6.5)	-1.41 (5.0)	16.48
8	0 (6.5)	1.41 (8.0)	23.52
9	0 (6.5)	0 (6.5)	24.13
10	0 (6.5)	0 (6.5)	19.89
11	0 (6.5)	0 (6.5)	25.07
Patrón	-	-	16.56

Al realizar el procesamiento de datos en el software STATISTICA STATSOFT se obtuvo los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes en estudio (**Tabla 32**) y los efectos significativos para la variable en estudio que se muestra en el diagrama de Pareto (**figura 17**). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de quinua (x_1) y Harina de tocosh (x_2).

Tabla 32: Coeficientes de regresión para respuesta Masticabilidad de los panes de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	23.36647	2.828409	8.26135	<0.000424
x_1 (L)	2.15301	3.532784	1.21887	0.277255
x_1 (Q)	3.38327	4.331856	1.56204	0.179035
x_2 (L)	3.67534	3.532784	2.08071	0.091979
x_2 (Q)	-3.74228	4.331856	-1.72780	0.144602
x_1 x x_2	1.59750	4.907585	0.65103	0.543755

x_1 =Harina de quinua, x_2 =Harina de tocosh, L=término lineal, Q=término cuadrático. * Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%. Por tanto se concluye que no existen términos significativos (ver tabla 32 y figura 17) en el estudio de la variable Dureza del pan de molde.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el diseño factorial 2^2 completo fue de **73.03%**. Este valor indica un bajo ajuste del modelo; por lo que no se puede concluir en un modelo ajustado.

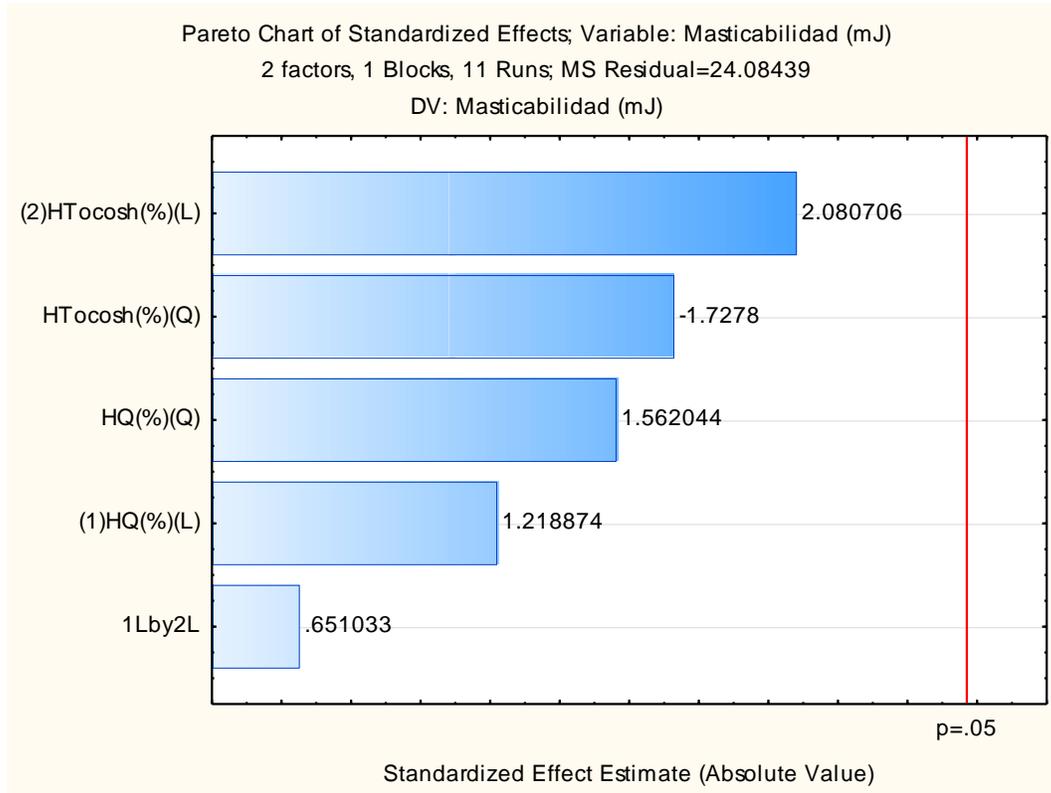


Figura 16: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Dureza del pan de molde

4.12 Caracterización químico proximal

En la tabla 33 se observa la caracterización químico-proximal tanto del pan de molde control como el pan de molde óptimo.

Tabla 33: Composición porcentual (%) del pan de molde Control y pan de molde Óptimo

Componentes (%)	Pan de molde Control	Pan de molde Óptimo (T2)
Humedad	30.35 ± 0.18	26.1 ± 0.13
Proteína	12.06±0.05	7.54±0.07
Cenizas	2.05 ± 0.02	2.17 ± 0.04
Grasa	6.33±0.08	8.75±0.06
Carbohidratos	49.21	55.44
Fibra	0.32 ± 0.03	1.45 ± 0.07

La humedad es un parámetro sumamente importante para los productos de panificación y bollería, según la norma técnica peruana NTP 206.011, 1981 (revisada el 2011) y la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería por RM N° 1020-2010/MINSA, la humedad máxima permisible en este tipo de productos es 40%, por ende según la tabla 41, se puede observar que tanto el pan de molde control como la mezcla óptima cumplieron con este requisito.

Según (Pongjanta, et. al., 2006), citado por Beltran y Sáenz (2014), en la investigación *Utilización de harina de zapallo en productos de panificación*, reportaron un valor de 34.02% de humedad para un queque (80% H. de trigo pastelera, 20% H. zapallo%; y 8% leche en polvo, 4% polvo de hornear, 0.2% vainilla, 80% azúcar, 1% sal, 100% yema, 170% clara, 75% agua, 50% aceite de arroz, 0.5% crémor tártaro), que si lo comparamos con la humedad tanto del pan de molde óptimo, como el control resulta ser éste mucho mayor.

Otros investigadores como (Bhaduri, 2013) en su investigación *Estudio sobre las propiedades físicas de dos harinas sin gluten en quequitos*, reportó un valor de 26.61% de humedad para un queque elaborado a base de 100% harina de quinua (35.25% Harina, 15.42% azúcar blanca, 0.13% sal, 1.29% polvo de hornear, 13.88% aceite vegetal, 25.31% leche descremada, 8.72% huevos), resultado que es ligeramente mayor al obtenido en la Tabla 33 para el cupcake control como óptimo. Asimismo (Bhat, et. al., 2013) investigaron las características fisicoquímicas de un queque con harina de zapallo, en el cual obtuvieron un 19.55% de humedad para un queque a base de 100% harina de trigo, 19.62% para un queque con 90% H. de trigo, 10% H. de zapallo, (** 25.32% Harina), 25.32% azúcar, 12.66% mantequilla, 10.13% leche descremada, 0.76% polvo de hornear, 0.51% bicarbonato de sodio, 25.32% agua), 19.70 % para un queque 80% H. de trigo, 20% H. de zapallo, 19.90% para un queque 70% H. de trigo, 30% H. de zapallo, (porcentajes de los demás insumos constantes), evidenciando así que a medida que el porcentaje de harina de zapallo aumentaba, también lo hacía el porcentaje de humedad, lo cual también se observa en la Tabla 33 en donde el contenido de humedad es mayor para el pan de molde control que para el óptimo.

Asimismo se observa en la tabla 33 que el contenido de proteína para el pan de molde óptimo fue menor al del control, esto debido principalmente al porcentaje de harina de tocosh que presenta dentro de la formulación del primero. Cabe decir que en los productos de pastelería se utiliza la harina de trigo floja, la cual presenta un bajo contenido de proteínas, como lo detalla (Pyler, 1988) quien nos dice que la harina para la elaboración de bizcochos es obtenida de la molienda de trigos suaves de invierno, rojos o blancos. También (Villanueva, 2012) hace mención que la harina de un trigo duro se caracteriza, a su vez, por poseer mayor cantidad de proteínas, mayor absorción de agua y granulometría más gruesa que la harina de un trigo suave; de ahí la importancia de realizar sustituciones con harina con mayor contenido proteico en los bizcochos y queques.

Según (Pongjanta, et. al., 2006), citado por Beltran y Sáenz (2014), reportaron un valor de 8.47% de proteína para un queque (80% H. de trigo pastelera, 20% H. zapallo%; 8% leche en polvo, 4% polvo de hornear, 0.2% vainilla, 80% azúcar, 1% sal, 100% yema, 170% clara, 75% agua, 50% aceite de arroz, 0.5% crémor tártaro), que si comparamos con el obtenido por nosotros resulta ser mayor. También, (Bath, et. al., 2013), reportaron valores de 14.64% de proteína para un queque a base de sólo harina de trigo (25.32% H. de trigo, 25.32% azúcar, 12.66% mantequilla, 10.13% leche descremada, 0.76% polvo de hornear, 0.51% bicarbonato de sodio, 25.32% agua) y un valor 12.87%, para un quequito reforzado con harina de zapallo (20.25% H. de trigo, 5.06% H. de zapallo, 25.32% azúcar, 12.66% mantequilla, 10.13% leche descremada, 0.76% polvo de hornear, 0.51% bicarbonato de sodio, 25.32% agua); evidenciando que al agregar la harina de tocosh y de quinua no se mejoró el contenido proteico.

El porcentaje de cenizas observado en el pan de molde óptimo fue ligeramente mayor que para el pan de molde control esto debido a que el primero está hecho a base no solo de harina de trigo sino de harina de tocosh y de quinua, las cuales son superiores, en cuanto al contenido de cenizas, sobre todo la de tocosh con respecto a la harina de trigo floja empleada para el pan de molde control. (Bhaduri, 2013), reportó valores de 2.74% para un queque con 100% H. de trigo, 3.12% para uno con 90% H. de trigo, 10% H. de zapallo, 3.57% para un queque con 80% H. de trigo y 20% H. de zapallo y 4.01% con 70% H. de trigo, 30% H. de zapallo, concluyendo que el contenido de ceniza se incrementaba debido al alto contenido de cenizas de la harina de zapallo. (García, 2011) obtuvo un valor de 2% de cenizas para un pan con 90% H. de trigo, 10% H. de quinua, y 2.1% para uno con 80% H. de trigo y 20% H. de quinua, concluyendo que el porcentaje de quinua no influyó significativamente en el porcentaje de cenizas del pan.

En cuanto al porcentaje de grasa, el pan de molde óptimo presentó un mayor porcentaje que el pan de molde control, esto debido al reemplazo de la harina de trigo por la harina de tocosh y quinua. El valor obtenido por el pan de molde

óptimo fue menor al reportado (Bhat, et. al., 2013), quien obtuvo un valor de 28.07% en un quequito (17.72% H. trigo, 7.59% H. zapallo, 25.32% azúcar, 12.66% mantequilla, 10.13% leche descremada, 0.76% polvo de hornear, 0.51% bicarbonato de sodio, 25.32% agua) y 29.68% grasa para un quequito con pura harina de trigo; valor que también es mayor al pan de molde control. Según (El-Demery, 2011), citado por Beltrán y Sáenz (2014), observó que mientras el porcentaje de sustitución de harina de zapallo era mayor el porcentaje de grasa disminuía, es así que en su investigación sobre panes fortificados con harina de zapallo obtuvo los siguientes valores: 5% H. zapallo + 95% H. trigo = 2.60, 10% H. zapallo + 90% H. trigo = 2.46, 15% H. zapallo + 85% H. trigo = 2.41, 20% H. zapallo + 80% H. trigo = 2.20; resultados que comparados con los obtenidos por este trabajo son mucho menores, y esto debido a que El-Demery no utilizó mantequilla para la elaboración de los panes.

Con respecto al contenido de fibra se puede observar que el pan de molde óptimo presentó un mayor porcentaje, esto debido a la sustitución de la harina de trigo principalmente por la harina de quinua y tocosh ya que ésta contiene un considerable porcentaje de fibra. (Bhat, et.al., 2013) en su investigación *Estudio de las características fisicoquímicas de un quequito de zapallo*, reportaron valores de 0.83% de fibra para un quequito con 100% harina de trigo, 1.85% de fibra para un quequito con 70% harina de trigo y 30% harina de zapallo, resultado que es menor al obtenido con el pan de molde óptimo. Asimismo, (El-Demery, 2011), observó que mientras el porcentaje de sustitución de harina de zapallo era mayor el porcentaje de fibra aumentaba también, es así que en su investigación sobre panes (harina de trigo, harina de zapallo, 500 g of flour blend, 9 g de levadura, 5 g de NaCl, 13 g de azúcar, 10 g fortificados con harina de zapallo obtuvo los siguientes valores: 5% H. zapallo + 95% H. trigo = 2.57, 10% H. zapallo + 90% H. trigo = 2.86, 15% H. zapallo + 85% H. trigo = 3.12, 20% H. zapallo + 80% H. trigo = 3.23; resultados que comparados con los obtenidos en este trabajo son más altos.

Como es sabido, el contenido de fibra en un alimento esencial en la dieta del ser humano esto, La fibra dietética presenta muchas cualidades funcionales, entre ellas la habilidad de captar agua, y algunas reducen el contenido de glucosa en sangre, esto corroborado por Badui (2006), La importancia de la fibra en la dieta fue puesta de manifiesto en la década de los setenta; a raíz de esto se han efectuado muchos estudios que relacionan la ausencia de fibra con diversos problemas de salud, tales como constipación, diverticulosis, colitis, hemorroides, cáncer en el colon y en el recto, diabetes *mellitus*, aterosclerosis y otros. Su función principal es que tiene la capacidad de hincharse al absorber agua y, por lo tanto, de aumentar el volumen de la materia fecal; esto provoca un incremento en los movimientos peristálticos del intestino y facilita el tránsito, la distensión intestinal y, consecuentemente, la defecación; es decir, su acción primaria se lleva a cabo precisamente en el colon del ser humano.

Con respecto al porcentaje de carbohidratos, la Tabla 33 muestra que para el pan de molde óptimo y el pan de molde control, el valor obtenido fue de 55.4% y 49.21%, respectivamente.

V. CONCLUSIONES

1. La composición química proximal de la harina de trigo para la elaboración de pan de molde: Proteína (12.10), Humedad (13.6%), Cenizas (1.27%), Grasa (0.59%), Fibra (1.56%) y Carbohidratos (72.44%).

La composición química proximal de la harina de quinua es: Proteína (12.69%), Humedad (10.4%), Cenizas (2.6%), Grasa (3.18%), y Carbohidratos (71.13%).

La composición química proximal de la harina de tocosh es: Proteína (3.89%), Humedad (13.24%), Cenizas (1.62%), Grasa (0.85%), Fibra (3.48%) y Carbohidratos (80.4%).

2. La superficie de respuesta para volumen específico nos indica el único parámetro que afecta este parámetro es la harina de tocosh.
3. La evaluación estadística para el parámetro color, apariencia, aroma y sabor del pan de molde no son significativos para un $p < 0.05$
4. La superficie de respuesta para el parámetro textura del pan de molde indica que al adicionar niveles de Harina de tocosh (de 5 a 5.4%) y Harina de quinua (de 7.6 a 8.0%); se obtendrán valores mayores 9 en el parámetro en estudio.
5. Las evaluaciones estadísticas para la luminosidad de la corteza y miga y de la cromacidad, indican que no son significativos para un $p < 0.05$
6. La superficie de respuesta para el parámetro intención de compra del pan de molde indica que al adicionar niveles de Harina de tocosh (de 5 a 5.4%) se obtendrán valores mayores 4 en el parámetro en estudio.
7. Se determinó los porcentajes óptimos de harina de trigo, harina de quinua y harina de tocosh, siendo estos: 87.00%, 7.6% y 5.4% para el tratamiento 2.

8. La dureza y masticabilidad del pan de molde no mostraron diferencias significativas para un $p < 0.05$.
9. La composición química proximal del pan de molde con la mezcla óptima de harinas fue de: 26.1% Humedad, 7.54% Proteína, 2.17% Cenizas, 8.75% Grasa, 1.45% Fibra, 55.44% Carbohidratos.; y del pan de molde control fue de: 30.35% Humedad, 12.06% Proteína, 2.05% Cenizas, 6.33% Grasa, 0.32% Fibra, 49.21% Carbohidratos.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda realizar más investigaciones sobre harinas sucedáneas, sobre todo harinas provenientes de frutas como de la cascara de mango y de manzana, ricas en fibra dietética antioxidante.
- 2.** Realizar más investigaciones dirigidas a reducir el porcentaje de calorías y aumentar el contenido de fibra en productos de panificación.
- 3.** Complementar el estudio, realizando un análisis de aminoácidos al pan de molde óptimo mediante un aminograma.
- 4.** Realizar pruebas biológicas en la evaluación del pan de molde óptimo como digestibilidad aparente in vivo (DA), relación de eficiencia proteica (PER) y utilización neta proteica (NPU).
- 5.** Desarrollar análisis de FDT, FDS y FDI al pan de molde óptimo.
- 6.** Evaluar el contenido de penicilina en el pan de molde óptimo y en la harina de tocosh, mediante análisis cromatográfico

VII. BIBLIOGRAFIA.

- Alvares, F., y Tucsa, R. (2009). Elaboración de pan dulce precocido enriquecido con harina de quinua *Chenopodium quinoa*. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Arone, H. (2015). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y chia (*Salvia hispanica* L.).
- Arroyave, L. y Esguerra, C. (2006). Utilización de la harina de quinua *Chenopodium quinoa Willd* en el proceso de panificación. Universidad de la Salle, Bogotá.
- Cerón, A; Bucheli, M y Osorio, O (2014). Elaboración de galletas a base de harina de papa de la variedad Parida Pastusa (*Solanum tuberosum* L.) Colombia.
- Collazos, C., Alvistur, E., Vásquez, J., Quiroz, A., Herrera, N., Robles, N., y otros. (1996). Tablas Peruanas de composición química de los alimentos. Lima, Instituto Nacional de Salud-Centro Nacional de Salud y Nutrición.
- De la Cruz, W. (2009). “Complementación proteica de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil”. Escuela de postgrado de Universidad nacional agraria la Molina. Lima –Perú.
- Egusquiza, B. (2000). La papa producción, transformación y comercialización. Perú.
- Fonseca, E. (2016). Elaboración de un suplemento en polvo a base de tocosh de papa para determinar su valor nutritivo y aceptabilidad sensorial. Universidad Alas Peruanas. Lima-Perú.

- García, D. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con harinas de quinua *Chenopodium quinoa*. (tesis de pre grado) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Hurtado, A; Cerón, A y Osorio, O (2010). Estudio de la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa (*solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. Colombia.
- Peru.com, (26 de mayo de 2015). Tocosh: Descubre sus maravillosos beneficios. Peru.com. Recuperado de <https://peru.com/estilo-de-vida/vida-sana/tocosh-descubre-sus-maravillosos-beneficios-noticia-360161>
- Rodríguez, M & Lemma, A. (2005). Planeamiento de Experimentos y optimización de procesos. Campañas-Brasil. Editorial Casa del Pan. pp. 10-15
- Sancho, M. (2012). Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harinas integrales de centeno, arroz y quinua. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

ANEXOS

ANEXO 1. FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

Fecha : _____ Edad: _____ Sexo: Masculino __

Femenino __

Por favor, pruebe cada una de las muestras codificadas y evalúe cada una usando la escala de abajo para indicar cuanto gusta o disgusta el producto, colocando el número que usted considere el más apropiado en cada recuadro.

5. Me gusta mucho.

4. Me gusta ligeramente.

3. Ni me gusta/ Ni me disgusta.

2. Me disgusta ligeramente.

1. Me disgusta mucho.

Muestra	Apariencia	Color	Aroma	Textura	Sabor

Con relación a las mismas muestras, evalúe en cuanto a la intención de compra

5. Ciertamente compraría

4. Probablemente compraría

3. Tal vez compraría / talvez no compraría

2. Probablemente no compraría

1. Ciertamente no compraría

Muestra	Valor

Observaciones:.....
.....
.....

GRACIAS POR TU TIEMPO, QUE TENGA UN BUEN DÍA.

ANEXO 2. CUADRO PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS POR CADA VARIABLE RESPUESTA

STATISTICA 64 - [Data: Spreadsheet1* (13v by 11c)]

File Home Edit View Format Statistics Data Mining PROCEED Graphs Tools Data Scorecard

Basic Statistics Multiple Regression ANOVA Nonparametrics Distribution Fitting More Distributions

Advanced Models Mult/Exploratory Power Analysis Neural Nets PLS, PCA, ... Variance QC Charts Multivariate Predictive Process Analysis DOE Six Sigma STATISTICA VB Batch By Group Calculators Block Data Stats

	1 Harina de quinua (%)	2 Harina de tocosh de papa (%)	3 Volumen especifico (ml/g)	4 Luminosida d (L)	5 Cromacida d (C)	6 Angulo de tonalidad (h)	7 Color sensorial	8 Aroma sensorial	9 Textura sensorial	10 Sabor sensorial	11 FDT (%)	12 Var9	13 Var10					
1	-1.00000	-1.00000																
2	1.00000	-1.00000																
3	-1.00000	1.00000																
4	1.00000	1.00000																
5	-1.41421	0.00000																
6	1.41421	0.00000																
7	0.00000	-1.41421																
8	0.00000	1.41421																
9	0.00000	0.00000																
10	0.00000	0.00000																
11	0.00000	0.00000																

Design of a Central C...

For Help, press F1

Spreadsheet1 C8,V13 Sel:OFF Weight:OFF MAY NUM GRB

ANEXO 3. FOTOS DE LAS PIEZAS DE PAN DE MOLDE, PARA LOS 11 TRATAMIENTOS





ANEXO 4. FOTOA DE LOS PANES DE MOLDE OBTENIDOS POR LA MEZCLA DE HARINA DE QUINUA + HARINA DE TOCOSH







ANEXO 5. FOTOS PARA EVALUAR EL VOLUMEN ESPECIFICO Y TEXTURA INSTRUMENTAL

