

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

TÍTULO:

“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa*) Y HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus Caudatus*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UN PAN DE MOLDE”.

PRESENTADO POR:

Bach. Melissa Arasely Carranza Escudero.

Bach. José Carlos Toro Goin.

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

CHIMBOTE – PERÚ

2018

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



HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado **“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa*) Y HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus Caudatus*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UN PAN DE MOLDE**”. Para poder obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. Melissa Arasely Carranza Escudero y Bach. José Carlos Toro Goin, que tienen como asesora a la docente Dra. Luz María Paucar Menacho designado por la Resolución Decanatural N° 801-2015-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 02 de agosto del 2018 por el siguiente jurado evaluador asignado mediante la resolución N°296 - 2018-UNS - CFI.

M.Sc. Saúl Eusebio Lara
Presidente

Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretaria

Dr. Daniel Sánchez Vaca
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. DE INGENIERÍA DE AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 am del 02 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° 296-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **M.Sc. Saul Eusebio Lara** (Presidente)
- **Dra. Luz Paucar Menacho** (Secretaria)
- **Dr. Daniel Sanchez Vaca.** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

"EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) y HARINA DE KIWICHA (*Amarantus caudatus*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UN PAN DE MOLDE", elaborada por el (os) bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

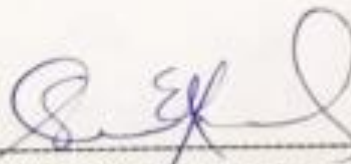
- **MELISSA ARASELY CARRANZA ESCUDERO**
- **JOSÉ CARLOS TORO GOIN**

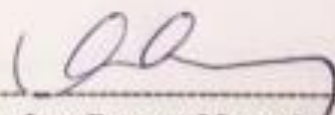
Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dra. LUZ PAUCAR MENACHO**, según **R.D. N° 801 – 2015-UNS-FI**. Finalizada la sustentación, el (os) Tesisistas respondió (eron) las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente. El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados 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
MELISSA ARASELY CARRANZA ESCUDERO	19	EXCELENTE

Siendo la 01: pm del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 02 de Agosto del 2018.


 M.Sc. Saul Eusebio Lara
 Presidente


 Dra. Luz Paucar Menacho
 Secretaria


 Dr. Daniel Sanchez Vaca
 Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. DE INGENIERÍA DE AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 am del 02 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° 296-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **M.Sc. Saul Eusebio Lara** (Presidente)
- **Dra. Luz Paucar Menacho** (Secretaria)
- **Dr. Daniel Sanchez Vaca.** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) y HARINA DE KIWICHA (*Amarantus caudatus*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UN PAN DE MOLDE”, elaborada por el (os) bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **MELISSA ARASELY CARRANZA ESCUDERO**
- **JOSÉ CARLOS TORO GOIN**


Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dra. LUZ PAUCAR MENACHO**, según R.D. N° 801 – 2015-UNS-FI. Finalizada la sustentación, el (os) Tesisistas respondió (eron) las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

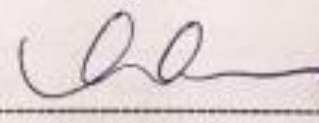
El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
JOSÉ CARLOS TORO GOIN	19	EXCELENTE

Siendo la 01: pm del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 02 de Agosto del 2018.


 M.Sc. Saul Eusebio Lara
 Presidente


 Dra. Luz Paucar Menacho
 Secretaria


 Dr. Daniel Sanchez Vaca
 Integrante

DEDICATORIA

Dios por ser nuestra protección, luz y
darnos vida día a día.

A Sebas, por ser nuestra fortaleza,
alegría y llenarnos de amor.

A nuestras familias por compartir esta
alegría, en especial a nuestras madres.

Melissa Arasely Carranza Escudero

José Carlos Toro Goin

AGRADECIMIENTO

A nuestra asesora, Doctora Luz María Paucar Menacho por su paciencia, aprecio y la humildad que la caracteriza al brindar sus conocimientos.

Y de manera muy especial, al Ing. Pedro Ayala, Ing. Lenin Palacios Ambrosio y al Ing. John Gonzales Capcha, por su amistad y apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

RESUMEN

Este trabajo de investigación, en base a la existencia de las materias primas con alto valor nutricional, tiene como objetivo determinar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y harina de kiwicha en la formulación de pan de molde, utilizando un proceso tecnológico adecuado con el fin de obtener un producto que cumpla con las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales.

El diseño experimental corresponde a un delineamiento factorial 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de harina de quinua (X_1) y harina de kiwicha (X_2), incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central, dando un total de 11 ensayos experimentales, para los cuales se emplearon análisis fisicoquímicos y sensoriales, para determinar las propiedades de los productos obtenidos en los diferentes tratamientos.

Las formulaciones fueron establecidas utilizando un DCCR 2^2 en el programa STATISTICA versión 10.0, manteniendo el resto de insumos igual a la formulación base, los cuales fueron evaluados en función al contenido de lisina, humedad, carbohidratos, proteínas, cenizas, grasas, textura instrumental y volumen específico, luminosidad, cromaticidad y tonalidad, datos que fueron analizados con un nivel de significancia de 5%; determinando el pan de molde con las mejores características, presentando los siguientes porcentajes 88.5% de harina de trigo, 7% de harina de kiwicha y 4.5% de harina de quinua tostada (con respecto al 100%). Este pan de molde óptimo fue sometido a una evaluación sensorial, del cual obtuvimos una buena aceptación con una puntuación de 7.13 de color, mientras para el aroma, 7.27 para sabor y 7.27 para textura. La composición química proximal del pan de molde óptimo fue: 30.91% humedad, 9.76% proteínas, 2.07% cenizas, 8.93% grasas y 49.25% de carbohidratos.

ABSTRACT.

This project, on the basis of the existence of the raw materials with high nutritional value, has as aim determine the effect of the partial substitution of flour of wheat for flour of quinoa and flour of kiwicha in the formulation of bread mold, using a technological process adapted in order to obtain a product that expires with the physicochemical, sensory and nutritional characteristics.

The experimental design corresponds to a delineation factorial 2^2 , considering the levels of flour to be independent variables of quinoa (X_1) and flour of kiwicha (X_2), including 4 tests in axial conditions and 3 repetitions in the central point, giving a total of 11 experimental tests, for which used physicochemical and sensory analyses, to determine the properties of the products obtained in the different treatments.

The formulations were established using a Rotable Central Composite Design 2^2 in the program STATISTICA version 10.0, supporting the equal rest of inputs to the formulation base, which were evaluated in function to the content of lisina, humidity, carbohydrates, proteins, ashes, fats, instrumental texture and specific volume, instrumental colorimetry, information that were analyzed with a significance level of 5 %; determining the bread mold with the best characteristics, presenting the following percentages 88.5 % of flour of wheat, 7% of flour of kiwicha and 4.5 % of flour of quinoa (as for 100 %).

This ideal bread mold was submitted to a sensory evaluation, of which we obtained a good acceptance with a punctuation of 7.13 of color, 6.63 for the odor, 7.2 for flavor and 7.23 for texture. The composition chemist proximal of the ideal square loaf was: 30.77% humidity, 9.76% proteins, 2.07 % ashes, 8.93% fats and 8.93 % carbohydrates.

INDICE GENERAL

	<i>Pág.</i>
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1. Harina de Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	2
2.1.1. Definición.....	2
2.1.2. Composición Química y Valor Nutricional del trigo.....	2
2.1.3. Clasificación de harina de trigo.....	3
2.1.4. Principales componentes de la harina de trigo.....	3
2.2. Harina de Kiwicha (<i>Amaranthus Caudatus</i>):	6
2.2.1. Valor nutricional y composición química.....	6
2.2.2. Características....	6
2.3. Harina de quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i>)	7
2.3.1. Características	7
2.3.2. Composición Química y valor nutricional de la quinua tostada.....	7
2.4. Problemática Nutricional en el Perú	8
2.5. Pan de Molde	9
2.5.1. Definición.....	9
2.5.2. Valor nutricional.....	9
2.5.3. Insumos.....	10
2.5.4. Métodos de Elaboración.....	14
2.5.5. Proceso de Elaboración del Pan de Molde.....	15
2.5.5.1. Pesaje de materia prima.....	15
2.5.5.2. Mezcla y amasado	15
2.5.5.3. División o corte	15
2.5.5.4. Boleo o redondeo.....	15
2.5.5.5. Reposo de la masa	15
2.5.5.6. Moldeado	15
2.5.5.7. División o corte	15
2.5.5.8. Leudación.....	16

2.5.5.9. Horneado	16
2.5.5.10. Enfriamiento.....	16
2.5.5.11. Cortado	16
2.5.5.12. Envasado.....	16
2.6. Reología de las Harinas.....	17
2.6.1. Extensografía.....	17
2.6.2. Farinografía.....	17
2.6.3. Amilografía.....	19
2.7. Evaluación Sensorial.....	20
2.7.1. Definición.....	20
2.7.2. Métodos de Escala Hedónica	20
2.8. Control de Calidad.....	21
2.8.1. Definiciones generales.....	21
2.8.1.1. Calidad.....	21
2.8.1.2. Control de Calidad.....	21
2.8.2. Deterioro del Producto de Panificación.....	21
2.8.2.1. Pérdida o ganancia de Humedad y Peso.....	21
2.8.2.2. Alteración de la Grasa.....	22
2.8.2.3. Pérdida de sabor y Aroma	22
2.8.2.4. pH.....	23
2.8.2.5. Deterioro mecánico.....	23
III. METODOLOGIA.....	24
3.1. Lugar de Realización.....	24
3.2. Materias Primas, Insumos y equipos.....	24
3.2.1. Materia Prima (harinas).....	24
3.2.2. Insumos.....	25
3.3. Equipos.....	25
3.3.1. En la panificación.....	25
3.3.2. Para la evaluación tecnológica del Pan de Molde.....	25
3.4. Técnicas ejecutadas.....	27
3.4.1. Evaluación de materias primas.....	27

3.4.2. Formulación del diseño experimental.....	29
3.4.3. Score Químico.....	31
3.4.4. Producción de pan de molde.....	32
3.4.5. Evaluación de pan de molde.....	37
3.4.6. Análisis estadísticos de los resultados.....	38

IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION, ANALISIS Y

DISCUSIONES.....	39
4.1. Evaluación de materias primas.....	39
4.1.1. Composición químico proximal.....	39
4.1.2. Análisis Físicoquímico de las materias primas.....	42
4.1.3. Reología de la harina de trigo.....	43
4.1.4. Granulometría de las harinas de trigo, kiwicha y quinua.....	47
4.2. Score Químico de las Formulaciones.....	48
4.3. Evaluación de la Calidad del Pan de Molde.....	50
4.3.1. Análisis del aminoácido lisina en el pan de molde.....	50
4.3.2. Análisis químico proximal del pan de molde.....	54
4.3.2.1. Determinación de Humedad.....	54
4.3.2.2. Determinación de Proteína.....	58
4.3.2.3. Determinación de Grasa.....	62
4.3.2.4. Determinación de Ceniza.....	66
4.3.2.5. Determinación de Carbohidratos.....	70
4.3.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PAN DE MOLDE.....	74
4.3.3.1. Volumen específico.....	74
4.3.3.2. Textura.....	78
4.3.3.3. Colorimetría.....	83
4.3.3.3.1. Colorimetría de la miga del pan de molde.....	83
4.3.3.3.2. Colorimetría de la corteza de pan de molde.....	96

4.4. OPTIMIZACIÓN.....	108
4.4.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN DE MOLDE	
ÓPTIMO.....	108
4.4.2. CARACTERIZACIÓN QUIMICO PROXIMAL DEL PAN DE	
MOLDE OPTIMO.....	110
V. CONCLUSIONES.....	112
VI. RECOMENDACIONES.....	113
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	114

INDICE DE TABLAS.

Pág.

Tabla 01. Valor Nutricional de harina de trigo (g/100g).....	2
Tabla 02. Características de los componentes de gluten (g/100g).....	5
Tabla 03: Valor Nutricional de la harina de kiwicha (g/100g).....	6
Tabla 04: Valor Nutricional de la harina de quinua tostada (g/100g).....	8
Tabla 05. Composición nutricional por 100 gramos de porción comestible de Pan de Molde.....	9
Tabla 06. Insumos para pan de molde.....	29
Tabla 07. Niveles de variables independientes DCCR 2 ² , con 4 ensayos axiales y 3 repeticiones centrales.....	30
Tabla 08. Valores codificados y otros valores del DCCR 2 ²	30
Tabla 09. Composición de materias primas para cada formulación del DCCR 2 ²	31
Tabla 10. Composición porcentual de Harina de Trigo en 100gr de harina.....	39
Tabla 11. Análisis porcentual de la harina de kiwicha 100 gr de harina.....	40
Tabla 12. Composición proximal de la harina de quinua tostada.....	41
Tabla 13: Color de las harinas de kiwicha de quinua y trigo.....	42
Tabla 14. Resumen del Análisis Amilográfico a la harina de trigo.....	43
Tabla 15. Datos de análisis de Farinografía a la harina de trigo.....	45
Tabla 16. Resumen de los parámetros del análisis de extensografía.....	46
Tabla 17. Granulometría de las harinas.....	47
Tabla 18. Score químico de las formulaciones a base de harina de trigo, harina de quinua tostada y harina de kiwicha.....	49
Tabla 19. Valores del aminoácido Lisina.....	50
Tabla 20. Coeficientes de regresión para el aminoácido lisina correspondiente al cómputo químico en panes de molde.....	51
Tabla 21. ANOVA para el aminoácido Lisina.....	52
Tabla 22. Valores de humedad en panes de molde.....	54

Tabla 23. Coeficientes de regresión para el análisis de humedad de los panes de molde.....	55
Tabla 24. ANOVA de humedad.....	56
Tabla 25. Valores de proteínas en pan de molde.....	58
Tabla 26. Coeficientes de regresión para el análisis de proteínas de los panes de molde.....	59
Tabla 27. Análisis de varianza para la proteína.....	60
Tabla 28. Valores de grasas en los panes de molde.....	62
Tabla 29. Coeficientes de regresión para el análisis de grasas de los panes de molde.....	63
Tabla 30. Análisis de varianza para la respuesta grasas.....	64
Tabla 31. Valores de cenizas en los panes de molde.....	66
Tabla 32. Coeficientes de regresión para el análisis de cenizas en los panes de molde.....	67
Tabla 33. Análisis de varianza para cenizas.....	68
Tabla 34. Valores de carbohidratos en los panes de molde.....	70
Tabla 35. Coeficientes de regresión para el análisis de carbohidratos en los panes de molde.....	71
Tabla 36. Análisis de varianza para la respuesta carbohidratos en un pan de molde.....	72
Tabla 37. Valores de volumen específico en los panes de molde.....	74
Tabla 38. Coeficientes de regresión para volumen específico.....	75
Tabla 39. Análisis de varianza para la respuesta volumen específico.....	76
Tabla 40. Valores de textura en los panes de molde.....	78
Tabla 41. Coeficiente de regresión para el análisis de textura de los panes de molde.....	79
Tabla 42. Análisis de varianza para la respuesta textura.....	80
Tabla 43. Valores de luminosidad de la miga de los panes de molde.....	83
Tabla 44. Coeficientes de regresión para el análisis luminosidad de la miga de los panes de molde.....	84
Tabla 45. Análisis de varianza para luminosidad de miga.....	85
Tabla 46. Valores de cromaticidad de miga de los panes de molde.....	87

Tabla 47. Coeficientes de regresión para el análisis de cromaticidad en los panes de molde.....	88
Tabla 48. Análisis de varianza para cromaticidad de miga de panes.....	89
Tabla 49. Valores de tonalidad de miga de los panes de molde.....	91
Tabla 50. Coeficientes de regresión para la tonalidad de la miga de los panes de molde.....	92
Tabla 51. Análisis de varianza para la tonalidad de la miga de pan de molde.....	93
Tabla 52. Valores de luminosidad de corteza de pan de molde.....	96
Tabla 53. Coeficientes de regresión para análisis de luminosidad de corteza de los panes de molde.....	97
Tabla 54. Análisis de varianza para la luminosidad de corteza del pan de molde.....	98
Tabla 55. Valores de cromaticidad de corteza de pan de molde.....	101
Tabla 56. Análisis de varianza para cromaticidad de corteza.....	102
Tabla 57. Tukey HSD para cromaticidad de corteza al 95%.....	102
Tabla 58. Indicadores de significancia.....	103
Tabla 59. Valores de tonalidad de corteza de pan de molde.....	104
Tabla 60. Coeficiente de regresión para tonalidad de corteza.....	105
Tabla 61. Análisis de varianza para tonalidad de corteza.....	106
Tabla 62. Mezcla óptima.....	108
Tabla 63. Evaluación sensorial de sabor, aroma, color, y textura para el pan de molde óptimo y el pan de molde control.....	108
Tabla 64. Variables evaluadas en el pan de molde control y el pan de molde óptimo.....	110

INDICE DE FIGURAS

	<i>Pág.</i>
Figura 01. Representación de un extensograma.....	17
Figura 02: Representación de un farinograma.....	18
Figura 03: Comportamiento del almidón en el amilograma.....	19
Figura 04: Harinas utilizadas en esta investigación.....	24
Figura 05: Flujograma, Planta Piloto de la UNS.....	32
Figura 06. Pesaje de materia prima.....	33
Figura 07: Mezclado y amasado.....	33
Figura 08. División y corte.....	33
Figura 09: Boleo y reposo.....	34
Figura 10: Moldeado de la masa.....	34
Figura 11: Leudación.....	34
Figura 12: Horneado.....	35
Figura 13: Enfriamiento.....	36
Figura 14: Cortado.....	36
Figura 15. Envasado y almacenamiento.....	36
Figura 16. Amilograma de la harina de trigo.....	44
Figura 17. Farinograma de la harina de trigo.....	44
Figura 18. Extensograma de la harina de trigo.....	46
Figura 19. Probabilidad de significancia para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de los panes de molde.....	51
Figura 20. Superficies de respuesta para la lisina en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	52
Figura 21. Gráfico de contorno para la lisina de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	53
Figura 22. Probabilidad de significancia para la humedad de los panes de molde.....	55

Figura 23. Superficies de respuesta para la humedad en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	56
Figura 24. Gráfico de contorno para la humedad de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%)	57
Figura 25. Probabilidad de significancia para la proteína de los panes de molde.....	59
Figura 26. Superficies de respuesta para la proteína en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%)	61
Figura 27. Gráfico de contorno para la proteína de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	61
Figura 28. Probabilidad de significancia para la grasa de los panes de molde.....	63
Figura 29. Superficies de respuesta para la grasa en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	65
Figura 30. Gráfico de contorno para grasa de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	65
Figura 31. Probabilidad de significancia para la ceniza de los panes de molde.....	67
Figura 32. Superficies de respuesta para la ceniza en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	68
Figura 33. Gráfico de contorno para ceniza de panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	69
Figura 34. Probabilidad de significancia para carbohidratos de los panes de molde.....	71
Figura 35. Superficies de respuesta para carbohidratos en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%)y harina de kiwicha (%).....	73

Figura 36. Gráfico de contorno para carbohidratos de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%)y harina de kiwicha (%)	73
Figura 37. Probabilidad de significancia para volumen específico de los panes de molde.....	75
Figura 38. Superficies de respuesta para el análisis de volumen específico de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	76
Figura 39. Gráfico de contorno para el volumen específico de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	77
Figura 40. Probabilidad de significancia para textura de los panes de molde.	79
Figura 41. Superficies de respuesta para textura en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	81
Figura 42. Gráfico de contorno para textura de panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	82
Figura 43. Probabilidad de significancia para la luminosidad de miga en los panes de molde.....	84
Figura 44. Superficies de respuesta para luminosidad de miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	86
Figura 45. Gráfico de contorno para luminosidad de miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	86
Figura 46. Probabilidad de significancia para la cromaticidad en los panes de molde.....	88
Figura 47. Superficies de respuesta para cromaticidad de miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	90
Figura 48. Gráfico de contorno para cromaticidad de miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	90

Figura 49. Probabilidad de significancia para la tonalidad de los panes de molde.....	92
Figura 50. Superficies de respuesta para tonalidad de la miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	94
Figura 51. Gráfico de contorno para la tonalidad de la miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	95
Figura 52. Probabilidad de significancia para la luminosidad de corteza en los panes de molde.....	97
Figura 53. Superficies de respuesta para luminosidad de la corteza en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	99
Figura 54. Gráfico de contorno para luminosidad de corteza en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%).....	100
Figura 55. Probabilidad de significancia para la tonalidad de la corteza.....	105
Figura 56. Superficie de respuesta para la tonalidad de la corteza en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada y harina de kiwicha.....	106
Figura 57. Gráfico de contorno para la tonalidad de la corteza en los panes de molde, en función del contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha	107

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente los constantes cambios en Ciencia y Tecnología han obligado a la industria a implementar alimentos enriquecidos y con un alto contenido proteico, supliendo así deficiencias en la alimentación. En la industria de panadería, se busca satisfacer las necesidades de los consumidores con un producto básico que forme parte de la dieta diaria, práctico, con un gran valor nutricional y tiempo de vida útil prolongado. La innovación de productos permitió elaborar un pan de molde como solución a ello, incluyendo en su presentación el pan cortado en rebanadas y un tipo de envase que prolonga la vida útil del producto. (Arroyave *et al.*, 2006)

El mercado de pan de molde creció 6% el 2015, en tanto la penetración en Perú fue de 63%, una de las más bajas en la región. El 50% de las ventas de pan envasado se realizan en los sectores A y B mientras que el 50% restante son de los sectores C y D. Por ello hay una gran oportunidad para incursionar en la categoría de producción de pan de molde. (La República, 2015)

Con la finalidad de mejorar la calidad y el aporte nutricional en el pan de molde, se pensó en una mezcla de harina de trigo sustituida parcialmente por harina de quinua y harina de kiwicha, en donde además de elevar el contenido de proteína, se busca mejorar las características físicas, como el volumen, color de corteza y de miga, y características sensoriales, como sabor, olor y textura.

II. MARCO TEÓRICO:

2.1. Harina de trigo (*Triticum aestivum*):

2.1.1. Definición:

Resultado de la molturación de sus granos a excepción del germen y el salvado, para lograr una adecuada finura. En la actualidad, tenemos dos clases de harina, mencionadas en la NTP 205.064:2015.

2.1.1.1. Extra: Harina de color blanco. Contiene de 0.76% a 1.17% de cenizas, 15% como límite máximo de humedad y del mismo modo 0.15% en acidez.

2.1.1.2. Especial: Harina de color crema. Presenta un máximo de cenizas de 0.75%. Máximo porcentaje de humedad 15% y del mismo modo un 0.10% de acidez.

2.1.2. Composición Química y Nutricional de Harina de Trigo:

Tiene un poder nutricional basando en su 10.2% de proteínas. (MINSa, 2002)

Tabla 01. Valor Nutricional de harina trigo (g/100g).

COMPONENTES NUTRITIVOS	CANT.	UNID.
Agua	12.0	g
Carbohidratos	76.3	g
Ceniza	0.4	G
Energía	363	Kcal
Fibra	0.3	G
Grasa	1.1	G
Proteínas	10.2	G

Fuente: MINSa - Perú, 2002

2.1.3. Clasificación de harina de trigo:

Según Carreira (2016) y Tejero (2002), las harinas se clasifican según el contenido de gluten o proteína, se clasifican comercialmente en los siguientes grupos:

2.1.3.1. Harina extrafuerte: producto de trigo de la variedad durum con un contenido de proteínas mayor a 13%. Empleada concretamente en la elaboración de pastas.

2.1.3.2. Harina Fuerza: presenta un elevado valor de gluten entre 10 y 12%, lo cual facilita la fermentación y por ende la retención de gas. Tiene capacidad de absorción de agua, obteniendo gracias a esto un pan de buena calidad y mayor tiempo de vida útil.

2.1.3.3. Harina floja: presenta proteínas del 7 al 9%, se usa en la repostería y galletas, no se recomienda en la panificación puesto que no mantendría la estructura necesaria.

2.1.4. Principales componentes de la Harina de Trigo:

2.1.4.1. Carbohidratos: Almidón

El almidón, presente en mayor porcentaje en la harina, a través de su poder de gelatinización (desde los 55°C hasta los 71°C) confiere consistencia a la masa lo que permite que la amilasa, durante la fermentación, degrade el almidón en azúcares simples (dextrina, glucosa y maltosa) y estos sirvan de alimento para la levadura. (De la Vega Ruiz, 2009)

En la molienda, se ocasiona el daño parcial a los gránulos de almidón, provocando el incremento de absorción de agua, acción de las amilasas, producción de gas y coloración de la corteza; afectando a su vez, las propiedades mecánicas de la masa, en caso de que la presencia de este tipo de almidones excedan el nivel. (De la Cal, 2017)

2.1.4.2. Proteínas: Gluten

La gliadina y glutenina son las proteínas presentes en el gluten, que constituyen la parte insoluble de las materias nitrogenadas presentes en la harina. El porcentaje de agua existente en el gluten húmedo se relaciona a la cantidad de agua que debe incorporarse en el proceso de panificación. Para que una harina cumpla con un valor panadero satisfactorio, no basta que presente un gran porcentaje de gluten, si no que éste sea firme y equilibrado en elasticidad y extensibilidad. (Shewry et al., 2003)

Según Calaveras (2004), las proteínas se clasifican en solubles que son las que no forman masa: albumina, globulina y péptidos; y las insolubles que son las que si forman masa, tal es el caso de la glutenina y la gliadina que se encuentran por lo general en un 45 y 33% respectivamente.

Mediante la tasa de hidratación, expresamos la capacidad de absorción que tienen las proteínas, considerando que la cantidad y capacidad de proteínas se relacionan de manera proporcional. Dicho potencial, da inicio al tramado que se conoce como gluten, el cual permite la formación de la masa, confiriéndole las características necesarias para una buena panificación. (De la Cruz, 2009).

Tabla 02: Características de los componentes del gluten

GLUTENINA	GLIADINA
Cadena proteica simple	Cadenas proteicas ramificada
Mayor proporción	Menor proporción
Alta elasticidad y baja extensibilidad	Baja elasticidad y alta extensibilidad
Da fuerza y estructura a la masa	Da viscosidad a la masa

Fuente: Shewry et al., 2003 y Belton, 2005

2.1.4.3. Lípidos:

A mayor presencia de grasas, mayor disposición a la rancidez. (Esteller, 2004)

2.1.4.4. Humedad:

La NTP 205.064, 2015 nos señala que no puede sobrepasar el 15%. (MINSA, 2016)

2.1.4.5. Cenizas:

El contenido de materias minerales se relaciona con la tasa de extracción de harina, y define el tipo de harina comercial. Cuando aumenta la tasa de extracción, el contenido de componentes en la periferia del grano, los componentes minerales en comparación al endospermo y el contenido de cenizas, incrementan. (Callejo, 2002)

2.2. Harina de Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*):

En la panificación se mezcla la harina de kiwicha en un 20%, de tal forma, que el pan tendría una mejor calidad nutricional. (Herrera *et al.*, 2012).

2.2.1. Valor Nutricional y Composición Química:

Presenta un elevado poder nutricional y de aminoácidos (lisina, metionina y cistina) y alto contenido proteico de 12.6% de proteínas. (MINSa, 2002 e Higinio, 2011)

Tabla 03. Valor Nutricional de la harina de kiwicha (g/100g).

COMPONENTES	CANTIDAD	UNIDAD
Agua	11.6	g
Carbohidratos	67.4	g
Ceniza	2.5	g
Grasa	5.9	g
Fibra	2.8	g
Energía	364	kcal
Proteínas	12.6	g

Fuente: MINSa – Perú, 2002

2.2.2. Características:

La harina de kiwicha es un producto de fácil digestión en especial para aquellos que presentan intolerancia al gluten. Aplicable en la panificación, repostería, sopas, guisos y otros dulces, siendo una buena opción ya que además de su agradable sabor y aporte nutricional, beneficia al desarrollo mental, producción de anticuerpos, enzimas y hormonas. (Sierra Exportadora - Perú, 2013)

2.3. Harina de Quinoa (*Chenopodium Quinoa*):

Es un producto a base del único pseudocereal considerado como el suplente nutricional de las proteínas encontradas en los productos cárnicos; motivo por el cual el alza de su exportación. (Ayala, 2013)

2.3.1. Características:

En su composición presenta albuminas y globulinas, proteínas solubles que causa un poco de inconveniente en la industria panadera. (García, 2011)

Está comprobado que, a diferentes condiciones de almacenamiento, la harina de quinua se mantiene inalterable durante seis meses, por lo que la academia Lilian Abugoch, de la Universidad de Chile, expresó que la harina en mención posee una excelente calidad microbiológica”. (Toledo, 2008)

2.3.2. Composición química y valor nutricional de la harina de quinua tostada:

Gracias a la presencia de zinc, el calcio que se encuentra en la harina de quinua es absorbido por el organismo, por lo que se recomienda su consumo para contrarrestar la descalcificación y osteoporosis. (FAO, 2000)

Casi la mitad de las grasas de la quinua están compuestas por ácido linoleico con un rango de 43.32% a 48.22% (Omega 6), 24.06% de ácido oleico (Omega 9, ácido graso típico del aceite de oliva), mientras que el resto se divide entre grasas saturadas (palmítico principalmente), 5.67% a 9.28% de ácido linolénico (Omega 3), y otros lípidos. (Rojas *et al.*, 2014)

La quinua es un alimento pertinente en temas de salud como en el control de la hipertensión, prevención de un derrame cerebral, reducción de estenosis, así como de la arterioesclerosis. Todo esto, gracias a su elevado contenido de magnesio. (Agroindustrial DANPER, 2015)

Tabla 04. Valor Nutricional de la harina de quinua tostada (g/100g).

COMPONENTES NUTRITIVOS	CANTIDAD	UNIDAD
Agua	6.0	g
Calcio	181	mg
Carbohidratos	73.2	g
Ceniza	2.6	g
Energía	385	kcal
Fibra	1.8	g
Fósforo	61	mg
Grasa	5.6	g
Hierro	3.7	mg
Proteínas	12.6	g

Fuente: Ministerio de Salud – Perú, 2002.

2.4. Problemática Nutricional en el Perú:

Para poder dar una solución a temas de nutrición, debemos incidir en factores claves como los religiosos, psicológicos, culturales; del mismo modo, en los factores familiares y la influencia de medios masivos. De esta forma, brindaríamos de manera eficaz las acciones de prevención y aminorar costos. (Álvarez y Tarqui, 2016)

Dentro de las políticas nacionales sobre la alimentación y educación, desde ya hace unos años se han venido dando licitaciones para el abastecimiento de productos elaborados a partir de materiales propios de cada región, además de contener aditivos que le confiere la categoría de producto fortificado, con el objetivo de disminuir el grado crónico de desnutrición. Se sostiene que una de las formas de solucionar la mala nutrición es la producción de alimentos formulados con alto contenido proteico, utilizando cereales, oleaginosas, leguminosas y complementar de esta forma las necesidades de aminoácidos esenciales (FAO, 2002)

2.5. Pan de Molde:

2.5.1. Definición:

Según la NTP 206.004 (Revisada el 2016), designa como pan de molde al producto de cocción de una masa a base de harina de trigo y otros insumos permitidos. (INACAL, 2018)

2.5.2. Valor Nutricional:

Tiene relación con el nivel del refinado de la harina y de las fortificaciones de la misma durante su elaboración. A favor del pan de molde, presenta mayor contenido de proteínas, grasas y fibras. (Moreiras, 2013)

Tabla 05. Composición nutricional por 100 gramos de porción comestible de Pan de Molde

	Por 100 g de porción comestible	Por 2 rebanadas (40 g)	Req. día-hombres	Req. día-mujeres
Ca (mg)	130	52,0	1.000	1.000
Carbohidratos	52	20,8	375-413	288-316
Colesterol (mg/1000 kcal)	Tr	Tr	Menor a 300	Menor a 230
Energía (Kcal)	287	115	3.000	2.300
Fibra (g)	3,2	1,3	>35	>25
Fósforo (mg)	78,2	31,3	700	700
Hierro (mg)	2,3	0,9	10	18
Humedad (g)	32,3	12,9	2.500	2.000
Linoleico (ω -6) (g)	1,137	0,455	10	8
Lípidos totales (g)	4,5	1,8	100-117	77-89
Mg (mg)	31	12,4	350	330
Niacina (mg)	3,4	1,4	20	15
ω -3 (g)	0,068	0,027	3,3-6,6	2,6-5,1
Potasio (mg)	110	44,0	3.500	3.500
Proteínas (g)	7,75	3,2	54	41
Riboflavina (mg)	0,1	0,04	1,8	1,4
Selenio (μ g)	28	11,2	70	55
Sodio (mg)	550	220	<2.000	<2.000
Tiamina (mg)	0,23	0,09	1,2	0,9
Zinc (mg)	0,7	0,3	15	15

Fuente: Tablas de Composición de Alimentos (pan blanco de molde). Moreiras y col., 2013.

2.5.3. Insumos:

2.5.3.1. Harina de trigo:

En la panificación, se usa la harina fuerte debido a que las proteínas que están presentes se unen con el agua confiriéndole a la masa la elasticidad necesaria y pueda atrapar la cantidad necesaria de CO₂ provenientes de la levadura. (Ludeña, 2011)

2.5.3.1.1. Influencia en la elaboración de pan de molde:

Según Rodríguez y Lom (2006), la harina de trigo influye de la siguiente manera en la elaboración del pan de molde:

- ◆ Brinda estructura al pan, debido a las propiedades del gluten.
- ◆ El gluten retiene CO₂ mostrando características como elasticidad, viscosidad y cohesión; a su vez, también retiene humedad.
- ◆ Confiere el volumen deseado a los panes gracias a la expansión de gases.
- ◆ El almidón al absorber agua, forma una estructura permeable a los gases, evitando que al iniciar la etapa de enfriamiento, existan cambios abruptos en el volumen.

2.5.3.2. Mejorador enzimático:

Según Córdova (*et al.*, 2010), el mejorador enzimático se utiliza para obtener una mayor regularidad, seguridad en la producción y simplificación del trabajo. De la misma forma explica la influencia en la panificación:

2.5.3.2.1. Influencia en pan de molde:

- ◆ Incrementa el volumen y la absorción de aire.
- ◆ Confiere crocantez a la corteza, suavidad a la masa y color típico al pan.
- ◆ Refuerzan el gluten.

2.5.3.3. Sal

Se adiciona un porcentaje mínimo de 1.8% y máximo de 2.1% respecto a la presencia de la harina. En el pan permanece de 1.1 a 1.4% aproximadamente. (Ludeña, 2011)

2.5.3.3.1. Influencia en la elaboración de pan de molde:

Según Córdova (2010) tiene las siguientes funciones:

- ◆ Realza el sabor.
- ◆ Controla la fermentación de la levadura: si la usamos en exceso se puede bloquear este proceso.
- ◆ Refuerza el gluten: aumenta la retención de gas así como la de agua.
- ◆ Aporta apariencia crocante.

2.5.3.4. Azúcar:

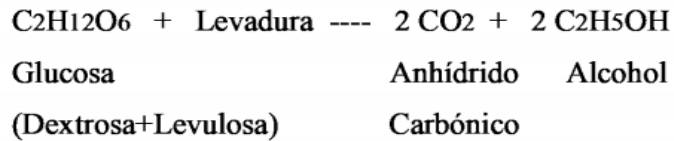
Se extrae de la caña de azúcar y sirve de sustrato a la levadura. (Ludeña, 2011)

2.5.3.4.1. Influencia en la elaboración de pan de molde

- ◆ Brinda volumen al pan.
- ◆ Aporta suavidad al producto.
- ◆ Incorpora aire durante el cremado.
- ◆ Coloración de la corteza.

La caramelización o Reacción de Maillard tiene lugar en los azúcares residuales de la corteza en las siguientes condiciones: medio alcalino, a_w entre 0.6 – 0.9 en atmósfera seca y elevadas temperaturas ya que a los 150°C comienza a manifestarse de forma visible. (Rodríguez y Lom, 2006)

La levadura ataca a los azúcares fermentables (dextrosa y levulosa) presentes en la harina, produciendo CO₂, que aporta volumen a la masa. (De la Cruz, 2009)



2.5.3.5. Agua:

Su calidad repercute durante toda la elaboración de este producto. (Rodríguez y Lom, 2006)

2.5.3.5.1. Influencia en la elaboración de pan de molde:

Según Ludeña (2011).

- ◆ Facilita la incorporación de ingredientes e hidrata el almidón.
- ◆ Controla el tiempo de leudación y la temperatura de la masa.

2.5.3.6. Levadura seca:

Contiene 8% de humedad a menos. (Rodríguez y Lom, 2006)

2.5.3.6.1. Influencia en la elaboración de pan de molde:

Según Mesas y Alegre (2002):

- ◆ Promueve la fermentación alcohólica, transformando los azúcares del almidón, en etanol y CO₂. El CO₂ aumenta el volumen y la disminución de la densidad formando un pan esponjoso.



- ◆ Acondiciona bioquímicamente la masa para su horneado.
- ◆ Ablanda el gluten desarrollado.

Según Rodríguez (2016), la levadura presenta enzimas que le confieren el principio activo para metabolizarse. Tal es el caso de:

- ◆ Invertasa: azúcar de caña en levulosa y dextrosa.
- ◆ Maltasa: maltosa en dextrosa.
- ◆ Zimasa: azúcar simple en gas y alcohol
- ◆ Proteasa: al actuar en proteínas fomenta la extracción de compuestos nitrogenados requeridos por la levadura, para suavizar el gluten acondicionándolo.

2.5.3.7. Manteca

Las grasas se emplean para mejorar las características de la masa, debido a su propiedad emulsionante. (Rodríguez y Lom, 2006)

2.5.3.7.1. Influencia en la elaboración de pan de molde:

Según Ludeña, 2011

- ◆ Lubricante: retiene la humedad
- ◆ Aireadora: durante el batido de la masa, la presencia de manteca capta el aire en diminutas burbujas en donde almacenará el vapor durante el proceso del horneado, favoreciendo el volumen adecuado.
- ◆ Como estabilizante: evita la caída de la masa en el horneado, por su función de aireación.
- ◆ Conservadora: al mantener buena humedad, retarda el envejecimiento.

Según Rodríguez y Lom (2006), la falta del uso controlado de la grasa en la panificación trae consigo los siguientes efectos negativos:

- Pérdida de volumen.
- Textura y gusto grasoso.

2.5.3.8. Emulsionante:

Se posiciona en la interfase agua y aceite. El emulsionante presenta una parte hidrófila que se orienta al agua y otra lipófila, al aceite. (Osorio, 2004)

2.5.3.8.1. Influencia en la elaboración de pan de molde

Según Osorio (2004):

- ◆ Disminuye la temperatura de gelatinización.
- ◆ Aumenta la velocidad y disminuye el tiempo de fermentación, permitiendo la mejor digestión de los almidones.
- ◆ Refuerza la retención de gas teniendo como producto, panes con mejor apariencia física.
- ◆ Facilita que el agua se integre en toda la masa.
- ◆ Disminuye el tiempo de amasado, ahorrando energía.
- ◆ Controla el contenido de grasa en el pan de molde.
- ◆ Humedad interna óptima.

2.5.4. Métodos de Elaboración:

Según Mesas y Alegre (2002), los principales sistemas de elaboración de pan de molde son:

2.5.4.1. Método de masa directa:

Nos referimos a un proceso en donde solo se realiza un paso, en el que se mezclan todos los ingredientes a excepción de la levadura que se añade a poco de terminar el amasado. La principal ventaja de este método es que, al tener menos contacto en cuanto a manipulación, disminuye considerablemente los márgenes de error, además del ahorro de tiempo y por ende la mano de obra.

2.5.4.2. Método de esponja o poolish:

Primero se elabora la masa madre o esponja, que consiste en la mezcla de los insumos básicos como harina (30-40%), agua, sal y levadura. Se deja fermentar una par horas luego se adiciona el agua y harina restantes; luego se continua el proceso de panificación como en el método de masa directa, pudiendo corregir fallos en el segundo amasado.

2.5.5. Proceso de Elaboración del Pan de Molde:

Según Flecha (2015), Quaglia (1991) y García (2011), las etapas del proceso de la panificación se describen de la siguiente manera:

2.5.5.1. Pesaje de materia prima: Se pesan de manera precisa los insumos para evitar que el pan tenga defectos.

2.5.5.2. Mezclado y amasado: Tiene como objetivo la mezcla uniforme de los ingredientes y obtener el desarrollo óptimo del gluten.

2.5.5.3. División o corte y pesaje de la masa: La masa se divide y se pesa de acuerdo al tipo de pan que vamos a producir.

2.5.5.4. Boleo o redondeo: Permite reconstruir manualmente la estructura de la masa después de la etapa de división.

2.5.5.5. Reposo de la masa (primera fermentación): la masa reposa de 10' a 20', con la finalidad de que la masa se recupere de la desgasificación que se dio a cabo en el proceso de división así como al momento del boleado.

2.5.5.6. Moldeado: Se extiende con un rodillo y damos la forma del pan a elaborar.

2.5.5.7. Leudación (última fermentación): nos referimos a la fermentación alcohólica que aparece a 30° - 35° C y 80% - 85% de humedad. El proceso de fermentación se da en tres etapas:

- ◆ **En masa:** desde el amasado hasta la del corte.
- ◆ **Intermedia:** desde la parte final del corte hasta el moldeado.
- ◆ **Final:** máximo desprendimiento de CO₂, se lleva a cabo desde el moldeado hasta que la masa ingresa al horno y alcanza 50°C en su interior.

2.5.5.8. Horneado: Se procede con 150°C y 45 minutos. Este proceso muestra las siguientes etapas:

- ◆ **A 45°C – 50°C de T° interna del pan:** La levadura muere por lo que el gas se inactiva, se marca el volumen final y el gas expande la miga.
- ◆ **A 60° C - 70°C de T° interna del pan:** las proteínas se coagulan, los almidones se gelatinizan y se define la forma del pan.
- ◆ **Secado (forma la corteza):** evidenciamos el pardeamiento de la corteza y formación total de la pieza.

2.5.5.9. Enfriamiento: durante 3 horas como mínimo, a temperatura ambiente.

2.5.5.10. Cortado: en 25 rebanadas con 14 mm de espesor.

2.5.5.11. Envasado: en una bolsa a base de un material que resista la rotura y agentes químicos, apto para pan de molde, siendo ese, el polipropileno.

2.6. Reología de las Harinas:

Este estudio, nos permite clasificar a las harinas en función a su uso final en la industria, según las características que le confieran las proteínas del gluten que determinan la calidad de la harina. (De La Vega, 2009)

2.6.1. Extensografía: (Resistencia de la extensión, extensibilidad.)

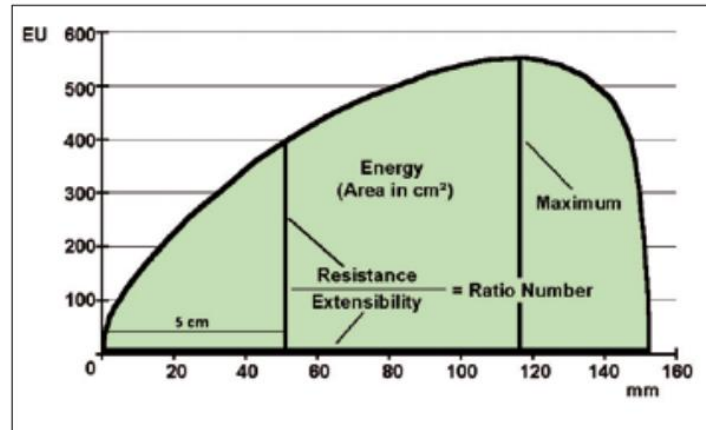


Figura 61. Representación de un extensograma
Fuente: (Brabender, 2018).

La extensografía indica la variación de la tenacidad y elasticidad en función del tiempo durante la etapa de leudación. Así mismo nos da a conocer cómo repercute el proceso de cocción en la masa y a su vez la de los aditivos. La harina requiere estabilidad para no perder su forma posterior al moldeado. (Brabender, 2018)

Mientras más elevado sea el valor de los índices, mayor dureza del trigo; mientras que la relación debe variar de 3,5 a 5. (Brabender, 2011).

2.6.2. Farinografía: (Consistencia, absorción de agua, tiempo de ruptura)

Según Brabender (2018), determina la absorción de agua (mayor rendimiento de la masa) y el comportamiento durante el amasado de una harina en la masa; es decir, visualiza como alcanza una consistencia de 500 unidades Brabender; desarrollo del gluten y como colapsa la masa en el tiempo.

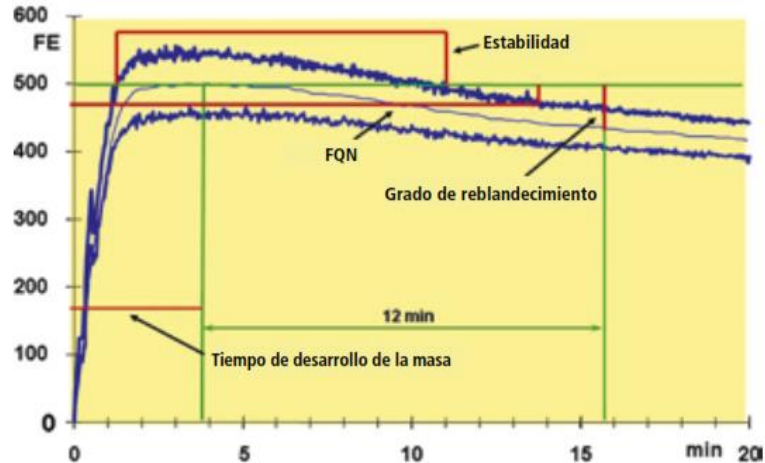


Figura 02. Farinograma
Fuente: (Brabender, 2018).

Según Brabender, (2018), el farinograma muestra las características de calidad de la harina analizadas:

- ◆ **Capacidad de absorción de agua:** la consistencia óptima para elaborar el pan, se consigue cuando la aguja marca 500UB. A mayor capacidad de absorción de agua, menor tiempo en la producción.
- ◆ **Tiempo de desarrollo de la masa:** tiempo que necesita la masa para llegar a condiciones óptimas en su estructura y consistencia desde la fermentación. Lo que permite reconocer si estamos trabajando con una harina de desarrollo rápido o lento.
- ◆ **Estabilidad o tolerancia de la masa:** Tiempo en minutos entre el cruce de la curva en la línea de 500 UF y el corte de la misma nuevamente, al cruzar la línea. Mientras que la estabilidad sea mayor, habrá mayor fermentación y más fuerzas necesarias para el amasado.
- ◆ **Elasticidad:** curva más ancha, mayor extensibilidad y mejor volumen.

- ◆ **Grado de reblandecimiento:** bajo grado de consistencia que va presentando la masa ocasionado por el amasado.
- ◆ **Número de calidad (FQN):** a más FQN, harina más fuerte.

2.6.3. Amilografía: (evaluación: inicio y temperatura de gelatinización, máxima gelatinización AU)

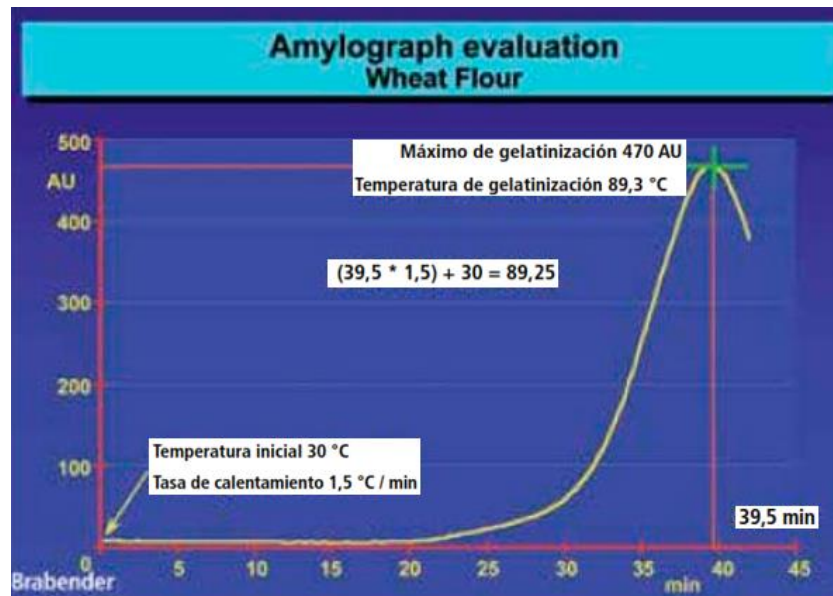


Figura 03. Comportamiento del almidón en el amilógrafo
Fuente: (Brabender, 2018).

Con este método se evalúa la calidad de la harina y el uso industrial en la que puede ser aplicada. Las características que mostrará durante el proceso de horneado en la calidad del pan está marcada por la actividad enzimática (amilásica) y la gelatinización de su almidón. (Brabender, 2018)

El análisis amilográfico monitorea cuán resistente es la suspensión de harina y agua a la agitación a 1.5°C/min desde 25°C hasta los 95°C, lo que muestra el comportamiento de la viscosidad del producto al pasar los 60°C correspondientes a la gelatinización, detectándose procesos de clarificación e hidratación del grano y aumento la viscosidad. (Fundación NEXUS, 2012 y Brabender, 2018)

En la gráfica, la altura de la curva, indica el grado de gelatinización de manera que el almidón no se une con el agua y este permanece libre. Los valores correctos para panificación se sitúan entre 400 – 500 U.A. (Brabender, 2013)

2.7. Evaluación Sensorial

2.7.1. Definición:

Según Liria (2007), es el tipo de prueba en la que el consumidor da a conocer, según su percepción, el nivel de calidad y aprobación del alimento. Y debemos tener en cuenta las siguientes sugerencias:

- ◆ El área debe ser blanca, con luz natural y buena ventilación.
- ◆ Utilizar pocas muestras, acompañadas de un vaso con agua.
- ◆ Previamente debemos explicar el motivo y en qué consiste el análisis, e indicar la forma en la que deben llenar las fichas.

2.7.2. Métodos de Escala Hedónica:

Consiste en un análisis realizado por el consumidor alimento, mediante el cual nos dará a conocer el nivel de satisfacción usando una escala con valores en donde se dan a conocer los criterios de cada uno, marcando diferencias sobre todo en los extremos, además del valor medio en el que indica “ni el agrado ni el desagrado”. (Hernández, 2005)

2.8. Control de Calidad:

2.8.1. Definiciones generales:

2.8.1.1. Calidad:

Para la NTP-ISO 8402-1995, es un indicador que determina el nivel de aceptación de los alimentos. El grado en el que se cumplen los requerimientos del consumidor en inocuidad y beneficio nutricional, además de otros, en el aspecto sensorial. (FAO, 2000; Pons y Sirvardière, 2002).

2.8.1.2. Control de Calidad:

Utilizando métodos estadísticos para mejorar la producción, por ende, los costos disminuyen. (Cabezón, 2014)

2.8.2. Deterioro del Producto de Panificación:

Ocurren debido a reacciones en el alimento en sí o causadas por la intervención de factores externos. Entre las reacciones podemos encontrar la rancidez, reversión de aromas, procesos enzimáticos, y oxidación.

2.8.2.1. Pérdida o ganancia de Humedad y Peso:

Según Baik y Chinachoti (2000), la variación de humedad está sujeta a la fluctuación de presiones de vapor entre el medio que rodea al alimento y la corteza. Por ser la a_w de la miga mayor que la de la corteza, el agua que se localiza dentro del pan, se desplaza a la superficie.

Al momento que el pan sale del horno se observan lo siguiente:

- ◆ **En la corteza:** Gana humedad por tener menor a_w y adquiere una textura blanda. Luego, durante la etapa de enfriamiento, la corteza empezará a perder agua convirtiéndose a una textura dura.
- ◆ **La miga:** Pierde humedad por tener mayor a_w , endurecimiento su textura.

2.8.2.2. Alteración de la Grasa:

La enzima lipasa que puede provenir de los insumos o de microorganismos contaminantes, hidroliza a los triglicéridos liberando ácidos grasos que marcan en el producto sabores y aromas desnaturalizantes. A su vez, el oxígeno actúa sobre los triglicéridos provocando rancidez. (Calaveras, 2004)

2.8.2.3. Pérdida de sabor y aroma:

Según Schiraldi y Fessas, (2001), el sabor característico del pan de molde se propicia en el amasado, fijándose en la etapa de cocción gracias a la participación de compuestos volátiles, como alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y otros. Conforme pasa el tiempo, estos se refugian en las hélices del almidón, haciendo que ya no podamos percibir la grata palatabilidad del pan, pero si, el sabor del pan añejo. La variación del sabor se debe a que los compuestos volátiles, se instalan en las hélices de la amilosa lo que impide que sean detectados por nuestros sentidos, produciendo los compuestos de degradación a cargo del sabor del pan añejo.

Según Calaveras (2004) se asume que las enzimas que actúan en el proceso de alteración de los aromas como la lipasa, lipoxigenasas y del oxígeno deben seguir un control considerando que pueden estar causar deterioro después del proceso de cocción.

2.8.2.4. pH:

Según Calaveras (2004), por lo general el pan de molde presenta el pH entre valores de 5.7 a 5.9, siendo un medio favorable para el desarrollo microbiano. Pese a ello, se practica una fermentación prolongada o se agrega reguladores para reducir el pH y así alargar la vida útil.

2.8.2.5. Deterioro mecánico:

Según Morán y Soledispa (2013), tiene mucho que ver con la manipulación de los panes de molde desde que son retirados del molde, transportados a la zona de enfriamiento y almacenamiento. Debemos evitar apilarlo y elegir adecuadamente el envase.

III. METODOLOGÍA:

3.1. Lugar de realización:

Esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios de: Investigación y Desarrollo, Análisis y Composición, ambos de productos agroindustriales, Operaciones Unitarias y Planta Piloto Agroindustrial, de la E.A.P.I.A. de la Universidad Nacional del Santa.

3.2. Materias primas, insumos y equipos:

3.2.1. Materias Primas (Harinas):



Figura 04. Harinas utilizadas en esta investigación.

La quinua y kiwicha fueron compradas y procesadas en el distrito de Santa Cruz, Provincia de Huaylas, Departamento de Áncash. El proceso de molienda se llevó a cabo en un molino de martillo triturador ya que nos permitió obtener una harina más fina y apta para panificación, a diferencia de los molinos de disco.

- ◆ *Quinua tostada:* compramos 4 kilos de quinua entera. Al someter al proceso de tostado y molienda con una merma de 12.02%, obtuvimos 3.869 kilos de harina de kiwicha sin tostar.
- ◆ *Kiwicha sin tostar:* compramos 4 kilos de kiwicha entera. Al someter al proceso de molienda con una merma de 4.86%, obtuvimos 3.952 kilos de harina de kiwicha sin tostar.
- ◆ *Trigo:* 20 kilos de harina especial para pan, marca Nicolini.

3.2.2. Insumos:

- ◆Mejorador enzimático
- ◆Antimoho
- ◆Sal yodada
- ◆Azúcar rubia
- ◆Agua potable
- ◆Levadura seca
- ◆Manteca vegetal
- ◆Emulsionante

3.3. Equipos:

3.3.1. En la panificación:

- ◆Sobadora, NOVA- K23, de 40 kg, serie 0528028
- ◆Horno rotativo Nova - MAX 1000. Serie: 0501028. País: Perú

3.3.2. Para la evaluación tecnológica del pan de molde:

- ◆Agitador magnético. Marca: THERMOLYNE. Modelo: S-130815. Serie: 120110. País: E.E.U.U.
- ◆Amilógrafo. Marca: BRABENDER. Modelo: 800250. País: Alemania.
- ◆Balanza analítica Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A G. Serie: 321LX. Modelo: LX320A. Desviación: 0.01 g. País: Suiza.
- ◆Balanza gramera. Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C. Desviación: 0.01 g. País: Suiza.
- ◆Cámara de bioseguridad, BIOHAZARD SAFETY CABINET. Marca: CHC. Modelo: CHC-777^a2-04. Tipo: Clase II. Serie: 777A2-04-BF19-026. País: Corea.
- ◆Cocina eléctrica. Marca: KESSEN. Modelo: HPY6870-26. Serie: 46804273. País: China.
- ◆Colorímetro, KONIKA MINOLTA. Modelo: CR-400. País: E.E.U.U.
- ◆Cortadora de pan marca NOVA – MAX 1000.

- ◆ Determinador de humedad. Marca: PRECISA. Modelo: XM-50. Desviación: 0.001g. País: Suiza.
- ◆ Equipo de actividad de agua. Marca: ROTRONIC. Modelo: HydroLab2. País: Perú.
- ◆ Estufa. Marca: POL-EKO APARATURA. Modelo: SW-17TC. Serie: SW-1990. País: E.E.U.U.
- ◆ Extensógrafo. Marca: BRABENDER. Modelo: 860723. País: Alemania.
- ◆ Farinógrafo. Marca: BRABENDER. Modelo: 810161. País: Alemania.
- ◆ Incubadora. Marca: MRC. Modelo: DP-600WT/RS232. Serie: 931014006C. País: Israel.
- ◆ Mufla, marca Thermolyne. Serie 347034984. País: Alemania.
- ◆ Selladora. Marca: TEW. Modelo: 207-MCSX. Serie: 20460047. Marca: China.
- ◆ Texturómetro. Marca: BROOKFIELD. Modelo: CT34500. Serie: 8555940. País: E.E.U.U.
- ◆ Tamices: U.S.A. STANDARDTESTING SIEVE N° 60, N° 120, y N° 270.
- ◆ Vernier Calipers. Marca: SOMET. País: China.
- ◆ Vibrador de tamices. Marca: SOILTEST. MODELO: CL-3050 -8. SERIE: 3508-A.
- ◆ Viscosímetro de BROOKFIELD. Modelo: B15-01-LCC. País: UK.

3.4. Técnicas ejecutadas:

3.4.1. Evaluación de materias primas:

3.4.1.1. Caracterización químico proximal:

3.4.1.1.1. Determinación de Humedad (%): NTP 206.011:1981 (Rev. 2011)
bizcochos, galletas, pastas y fideos.

3.4.1.1.2. Determinación de Proteína (%): A.O.A.C. 2001.11:2012.
(Kjeldahl, $f_{\text{cereales}}=6.25$ y $f_{\text{trigo}}=5.7$)

3.4.1.1.3. Determinación de Cenizas (%): NTP 205.038:1975 (Rev. 2016).
Téc. cenizas en seco: quemar la muestra al aire y después en una mufla para eliminar todo el material orgánico, siendo el remanente, el residuo inorgánico. (INACAL, 2016)

3.4.1.1.4. Determinación de Carbohidratos: Se realizará mediante el Método de la AOAC (Person, 1991). Se obtendrá usando:

$$\% C = [100 - (\% \text{Hum.} + \% \text{Cen.} + \% \text{Gr.} + \% \text{Prot.})]$$

3.4.1.1.5. Determinación contenido de grasas: AOAC 963.15 2005 (Soxhlet, hexano)

3.4.1.2. Evaluación fisicoquímica:

3.4.1.2.1. Actividad de Agua: equipo ROTRONIC.

3.4.1.2.2. Colorimetría: colorímetro marca KONICA MINOLTA basándonos en el CIE-Lab:

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad y \quad h = \arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

3.4.1.2.3. Granulometría: AOAC 965.22. (Método del Tipo I con especificaciones de tamizado como en los tamices de ensayo ISO 3310/1 1982)

3.4.1.3. Análisis reológico de la harina de trigo:

3.4.1.3.1. Farinografía: AACC 54-21 (1995). Parámetros: Consistencia, absorción de agua y tiempo de ruptura.

3.4.1.3.2. Amilografía: AACC 54-21 (1995). Amilógrafo de BRABENDER. Parámetros: viscosidad, la T° de gelatinización y máxima gelatinización.

3.4.1.3.3. Extensografía: AACC 54-10 (1995). Parámetros: resistencia de la extensión y extensibilidad de la masa, se realizará en el Extensógrafo de BRABENDER.

3.4.2. Formulación del Diseño Experimental:

3.4.2.1. Ingredientes:

La sustitución se realiza en un 20% para la sustitución con 80% de harina de trigo.

(Arias D., 2002)

Tabla 06. Insumos para pan de molde.

INSUMOS	CANTIDAD (%)
Antimoho	0.3
Agua	50.0
Azúcar	8.0
Emulsionante	1.0
Harina de trigo	80
Levadura seca	2.0
Manteca	10.0
Mat. Prima	20
Mejorador enzimático	1
Sal	2.0

Fuente: Elaboración por sugerencia de la Planta Piloto de la UNS

3.4.2.2. Diseño Experimental:

Se siguió el diseño experimental 2^2 (diseño compuesto central rotacional DCCR), considerando como variables independientes: el porcentaje de harina de quinua y el porcentaje de harina de kiwicha. Los efectos de estas variables fueron evaluados mediante superficie de respuesta, según las características fisicoquímicas y sensoriales.

3.4.2.3. Análisis Estadístico:

Tabla 07. Niveles de var. independiente DCCR 2², con 4 ensayos axiales y 3 repeticiones centrales .

Var. Independiente	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
X₁: Harina de Quinoa (%)	0	1.3	4.5	7.7	9
X₂: Harina de Kiwicha (%) $\alpha=1.4142$	0	2	7	12	14

Tabla 08. Valores codificados y otros valores del DCCR 2²

Experimento	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
	X ₁	X ₂	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha
	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha		
1	-1	-1	1.3	2
2	+1	-1	7.7	2
3	-1	+1	1.3	12
4	+1	+1	7.7	12
5	$-\alpha$	0	0	7
6	A	0	9	7
7	0	$-\alpha$	4.5	0
8	0	α	4.5	14
9	0	0	4.5	7
10	0	0	4.5	7
11	0	0	4.5	7

Tabla 09. Composición de materias primas para cada formulación del DCCR 2²

Formulación	Harina de Trigo %	Harina de Quinoa %	Harina de Kiwicha %
1	96.7	1.3	2
2	90.3	7.7	2
3	86.7	1.3	12
4	80.3	7.7	12
5	93	0	7
6	84	9	7
7	95.5	4.5	0
8	81.5	4.5	14
9	88.5	4.5	7
10	88.5	4.5	7
11	88.5	4.5	7

3.4.3. Score Químico de Formulaciones:

Gracias a este examen podemos conocer la calidad de proteínas presentes en un alimento, de tal forma que al presenciar deficiencia de un aminoácido esencial, podamos complementarlo de manera aminoacídica, logrando la mejora de la calidad proteica y formando una proteína completa dentro de lo posible. (Soriano del Castillo, 2006).

Para el desarrollo de este trabajo, tomamos en cuenta el indicador de adultos (*WHO/FAO/UNU, 2007*).

$$\text{Score Químico} = \frac{\text{mg de amin. en 1 gr de N de la prot. del alimento}}{\text{mg de amini. en 1 g de N de la prot. de referencia}}$$

3.4.4. Producción de Pan de molde:

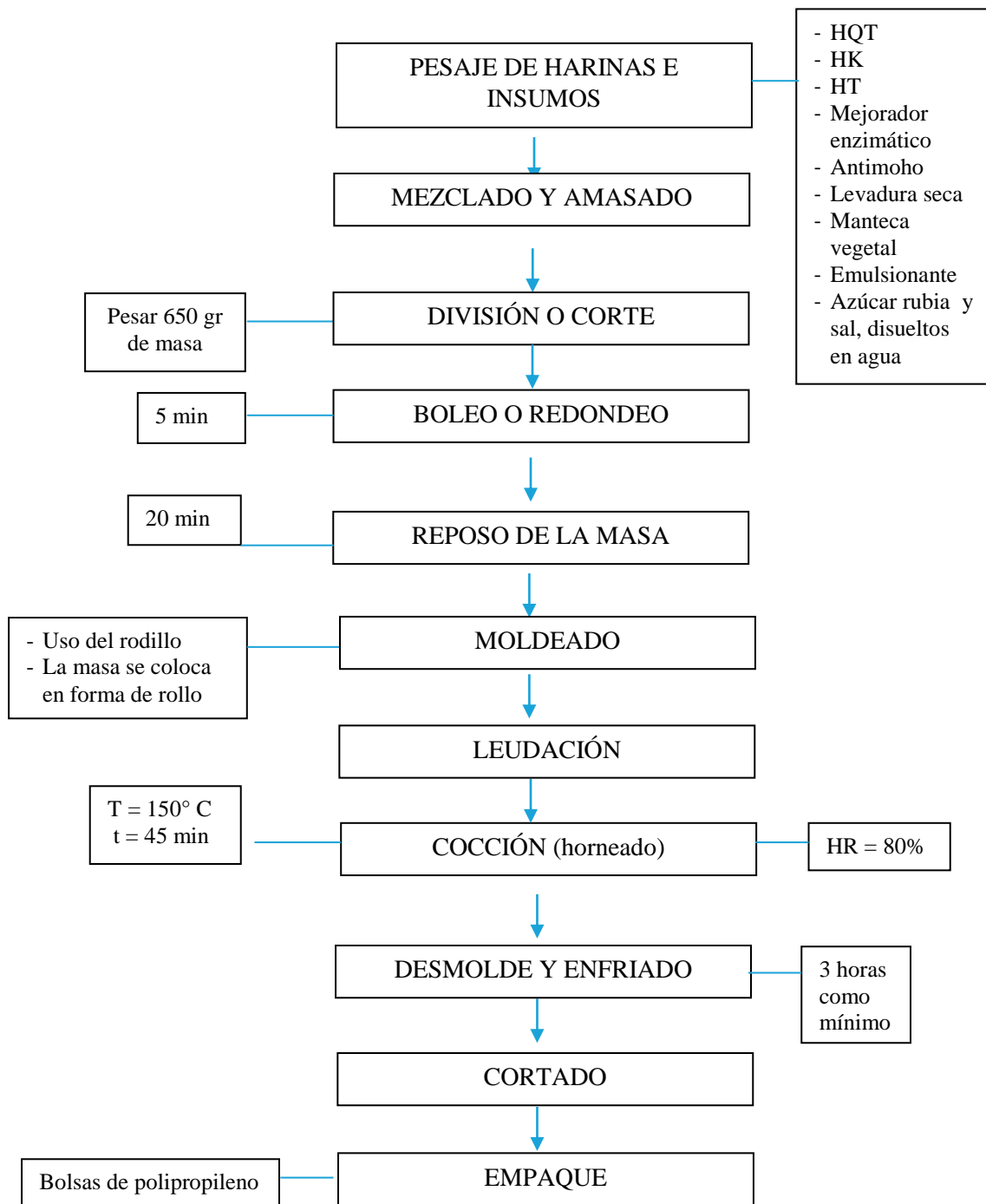


Figura 05. Flujograma, Planta Piloto de la UNS (2011).

3.4.4.1. Pesaje de materia prima: esta etapa se realizó con la mayor precisión.



Figura 06. Pesaje de materia prima

3.4.4.2. Mezclado y amasado: se busca que todos los insumos se integren homogéneamente para evitar márgenes de error.



Figura 07. Mezclado y amasado

3.4.4.3. División o corte: En masas de 650 gr, con un formado especial para mantener su gasificación.



Figura 08. División y corte

3.4.4.4. Boleo y reposo: las masas se bolean y reposaron de 20 min.



Figura 09. Boleo y reposo

3.4.4.5. Moldeado: con ayuda del rodillo, dando la forma del molde.



Figura 10. Moldeado de la masa

3.4.4.6. Leudación (ferment. final): durante dos horas aproximadamente a temperatura ambiente, hasta que duplique su tamaño.



Figura 11: Leudación

3.4.4.7.Horneando: A 150°C y un t 45 minutos. En esta etapa:

- ◆ **45 °C a 50°C T° int:** CO₂ se inactiva porque se muere la levadura.
- ◆ **60°C a 70°C** de T° int. coagulación y gelatinización del almidón. Adquiere la forma definitiva del pan.
- ◆ **El secado:** responsable de la formación de la corteza y la cocción.



Figura 12. Horneado

3.4.4.8. Descenso de Temperatura: Como mínimo 3 horas a T° ambiente.



Figura 13. Enfriamiento

3.4.4.9. Cortado: Obtuvimos 25 rebanadas con 14 mm de grosor.



Figura 14. Cortado

3.4.4.10. Envasado y almacenamiento: en bolsas, a base de un material resistente y apropiado para este tipo de productos, como es el caso del polipropileno y almacenados a T° ambiente.



Figura 15. Envasado y almacenamiento

3.4.5. Evaluación del Pan de Molde:

3.4.5.1. Análisis químico proximal:

La caracterización se realizará en el pan de molde de mayor preferencia.

3.4.5.1.1. Determinación de %Humedad: NTP 206.011:1981 (Rev. 2011)
bizcochos, galletas, pastas y fideos.

3.4.5.1.2. Determinación de %Proteína:A.O.A.C.2001.11:2012. (Kjeldahl,
 $f_{\text{cereales}}=6.25$ y $f_{\text{trigo}}=5.7$)

3.4.5.1.3. Determinación de Grasa: AOAC 963.15 2005 (Soxhlet: hexano)

3.4.5.1.4. Determinación de Ceniza: NTP 205.038:1975 (Rev. 2016)

3.4.5.1.5. Determinación de Carbohidratos: Se realizará mediante el
Método de la AOAC (Person, 1991).Se obtendrá usando:
 $\% C = [100 - (\% \text{Hum.} + \% \text{Cen.} + \% \text{Gr.} + \% \text{Prot.})]$

3.4.5.2. Análisis fisicoquímicos:

3.4.5.2.1. Textura: Texturómetro de marca BROOKFIELD.

3.4.5.2.2. Actividad de Agua: equipo ROTRONIC.

3.4.5.2.3. Colorimetría en corteza y miga: colorímetro marca KONICA
MINOLTA basándonos en el CIE-lab:

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad y \quad h = \arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

3.4.5.2.4. Análisis de Volumen Específico: por el Método de
Desplazamiento de Semilla de Baja Densidad (alpiste).

3.4.5.3. Análisis sensorial:

Este análisis fue realizado con la finalidad de conocer la aceptación de nuestro producto, a través de la ayuda de 30 evaluadores, que no recibieron entrenamiento al respecto. Se evaluaron aspectos sensoriales con una escala hedónica de puntaje 9, teniendo como extremos 1 y 9 interpretándose como “me disgusta o disgusta muchísimo” respectivamente y punto medio 5, “ni me gusta ni me disgusta”.

3.4.6. Análisis estadístico de los resultados:

Los datos se analizaron en STATISTICA v 10, para determinar las influencias de las materias primas, hallar los coeficientes de regresión, desarrollar el análisis de varianza y elaborar las superficies de respuesta con $p < 0.05$

IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION, ANÁLISIS Y DISCUSIONES:

4.1. EVALUACIÓN DE MATERIAS PRIMAS:

4.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL:

4.1.1.1. Harina de Trigo (H.T.):

Los datos se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 10. Composición porcentual de H. T. en 100 gr de harina

COMPONENTES	PORCENTAJE
Carbohidratos	75.23
Cenizas	0.52 ± 0.06
Grasa	1.16 ± 0.02
Humedad	12.56 ± 0.06
Proteínas	10.52 ± 0.01

**Media de tres repeticiones ± SD*

Según *tabla 10*, la harina trabajada reporta 75.23% de carbohidrato, valor cercano al referido por MINSa (2002), con un 76.3% de carbohidratos. Para que una HT clasifique como especial para panificación debe tener un porcentaje inferior a 0.75% según N. T. P. 205.064:2015; por lo que nuestra HT encaja en esta nominación por presentar 0.52% de cenizas. (MINSa, 2016)

El valor porcentual de grasa en la HT de nuestra investigación es 1.16%, obteniendo un valor cercano al 1.1% que indica MINSa (2002).

El porcentaje de humedad de la HT especial para pan es 12.56, estando dentro del rango permitido ya que según la NTP 205. 064: 2015 (MINSa, 2016), humedad de la HT debe ser menor a 15%.

Teniendo en cuenta que las propiedades de la proteína de la HT le conferirá también la misma al pan de molde (Ramírez, 2007) y que MINSa (2002) indica que la HT presenta 10.52% siendo similar al contenido de proteínas en la HT con la que estamos trabajando, nos asegura que el pan de molde tendrá buena calidad.

4.1.1.2. Harina de Kiwicha:

Los resultados obtenidos de la evaluación químico proximal se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Análisis porcentual de la H. de Kiwicha 100 gr de H.

COMPONENTES	PORCENTAJE
Carbohidratos	70.15
Cenizas	2.29 ± 0.07
Grasa	4.09 ± 0.02
Humedad	10.85 ± 0.05
Proteína	12.61 ± 0.16

**Media de tres repeticiones ± SD*

En la *tabla 11* la HK tiene 10.85% de humedad y 2.29% de cenizas, siendo estos valores similares y encontrándose dentro de los parámetros como lo indica la NTP 205.040:2016, que la harina presenta 15% de humedad y 4% de cenizas; a su vez el MINSA, 2002: 11,6% de humedad, 12.6% de proteínas, 5.9% de grasas, 67.4% de carbohidratos y 2.5% de cenizas.

4.1.1.3. Harina de Quinua Tostada:

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12. Composición proximal de la harina de quinua tostada

COMPONENTES	%
Carbohidratos	69.73
Cenizas	2.39 ± 0.07
Grasa	5.41 ± 0.12
Humedad	8.51 ± 0.05
Proteína	13.95 ± 0.02

**Media de tres repeticiones ± SD*

En la *tabla 12*, la HQT proveniente de un grano higroscópico debido al contenido de oxalato de Na (Reyes, 2006). La humedad de la HQT 8.51% se encuentra dentro de los LMP según la NTP 011.415:2013 <15%, además que la HQT según MINSa (2002) es 6.0% siendo mayor la humedad encontrada en nuestra materia prima con 8.51%.

FAO (2013) reconoce a la quinua como alimento único debido a su elevado valor proteico similar al presente en la carne, pudiendo reemplazarlos. De la *tabla 12*, nuestra HQT contiene 13.95% de proteínas, 2.39% de cenizas, 5.41% de grasas y 69.73% de carbohidratos. Mientras MINSa (2002), presenta valores para proteínas de 12.6%, cenizas 2.6%, grasas 5.41% y carbohidratos 71.08%, estando nuestros valores dentro de los rangos.

4.1.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS MATERIAS PRIMAS:

4.1.2.1. Color de las H. de kiwicha, quinua tostada y trigo:

El examen de colorimetría, arrojó estos valores:

Tabla. 13. Color de las H. de kiwicha - quinua tostada - trigo

COLOR DE LAS HARINAS					
Muestra	$\overline{a^*}$	b^*	L^*	C^*	h^*
HK	2.63 ± 0.09	17.98 ± 0.12	88.00 ± 0.44	18.18 ± 0.12	81.67 ± 0.28
HQT	1.75 ± 0.12	16.21 ± 0.20	90.16 ± 0.34	16.31 ± 0.20	83.85 ± 0.42
HT	-0.19 ± 0.09	11.42 ± 0.07	99.39 ± 0.39	11.42 ± 0.07	89.02 ± 0.42

Media de tres repeticiones ± SD

En esta *tabla 13* observamos que en la HK, el valor de a^* (2.63) muestra una tendencia al color rojo y el b^* (17.98), al color amarillo. En la luminosidad L^* presentó un valor de 88.00, el cual nos indica que tiene una tendencia al color blanco. El h^* presentó un valor de 81.67 perteneciente al primer cuadrante de las coordenadas de color rojo – amarillo, con una tenencia hacia el amarillo. Teniendo C^* un valor de 18.18.

Con respecto a la harina de quinua tostada, podemos observar que el valor de a^* (1.75), mostró una tendencia al color rojo, y el de b^* (16.21) mostró una inclinación al color amarillo. L^* fue de 90.16, la cual nos indica que tiene una tendencia al color blanco. El ángulo de tonalidad h^* presentó un valor de 83.85 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color rojo – amarillo, con una tendencia hacia el amarillo. La cromaticidad presentó un valor de 16.31.

Mientras que en la HT, el valor b^* (11.42) muestra una tendencia al color amarillo y en a^* (-0.19) una pequeña orientación al verde. En la luminosidad se encontró un 99.39 lo que indica que se inclina al blanco. El h^* presentó 89.02 ubicado en el segundo cuadrante que corresponde a zonas verde – amarillo, con una ligera inclinación al amarillo. Teniendo C^* un valor de 11.42.

Según Ortolan (2006), la inestabilidad en cuanto a las tonalidades de las harinas, se deben a factores tales como el nivel de extracción de la harina, tamaño de partícula, condiciones climáticas y el almacenamiento.

4.1.3. REOLOGÍA DE LA HARINA DE TRIGO:

4.1.3.1. Análisis Amilográfico:

Según Gonzales y Pacheco (2006), si la curva es alta, tiene muy buena gelatinización y un gran índice de retención de agua de tal modo que no quede agua libre, obteniendo una corteza húmeda o de lo contrario sería seca al momento de degustar. La T° gelatinización es un indicador de asociación intragranular. La T° formación de la pasta depende de la [almidón] y la T° inicio está vinculada a las interacciones entre los componentes del almidón.

Tabla 14. Resumen - Análisis Amilográfico a la harina de trigo

Humedad (%)	T° inicial ($^{\circ}$ C)	T° de Gelatinización	Máx. grado de Gelatinización (AU)
15.6	63.3	88.6	1309

La T° inicial fue 63.3 $^{\circ}$ C alcanzando un pico máx. de gelatinización de 1309 UA a una T° gelatinización de 88.6 $^{\circ}$ C, y a medida que fue disminuyendo la viscosidad de la mezcla, esta alcanzó un valor de 900AU.

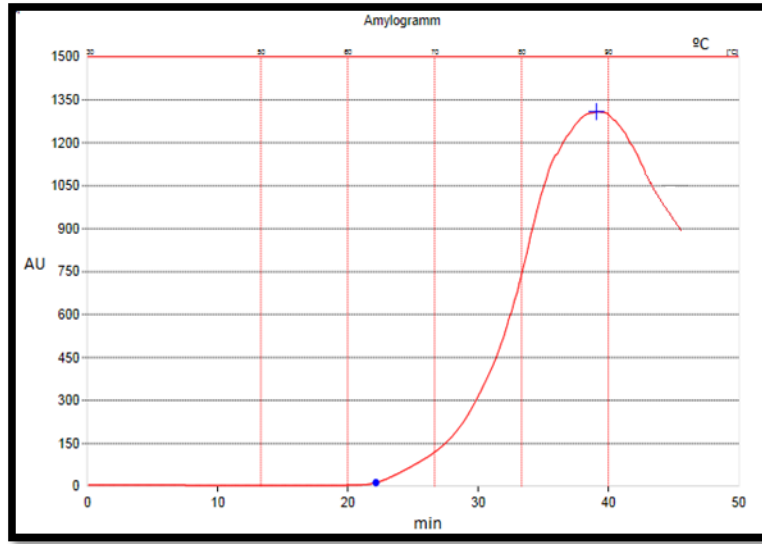


Figura 16. Amilograma de la harina de trigo

4.1.3.2. Análisis Farinográfico:

Los resultados del farinograma dependen de las características de la proteína, ya que de acuerdo a eso, variará el tiempo de resistencia al mezclado cuando la curva pasa los 500 UB, antes que se rompa la red de gluten, lo que se entiende como estabilidad.

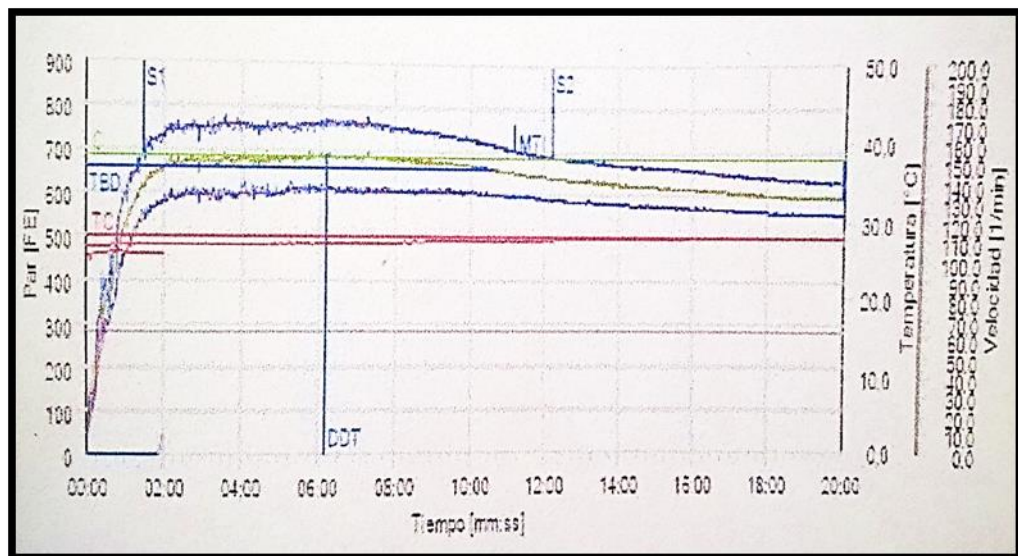


Figura 17. Farinograma de la HT

Tabla 15. Datos de análisis de Farinografía a la harina de trigo

C (FE)	% ABS	DDT (mm:ss)	S (mm: ss)	MTI (FE)
688	56.1	06.05	10.49	62

C = Consistencia Estándar, ABS = Absorción de agua, DDT = t óptimo de desarrollo de la masa,
S = Estabilidad, MTI = Índice de tolerancia

Podemos observar que la absorción de agua es de 56.1%, siendo apta para la panificación, ya que absorciones de agua menores a 55% impiden obtener alimentos con una calidad adecuada. (Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos, 2010).

Según Magaña *et al.* (2002) cuando trabajamos con harinas de fuerza media, la estabilidad está entre 5 y 9 minutos mientras que para harinas de fuerza superior media, la estabilidad se encuentra entre 10 y 15 minutos en donde observamos que la estabilidad de la harina de trigo fue de 10.49 minutos.

El tiempo óptimo de desarrollo de nuestra masa de harina es de 6.05 minutos, clasificándola como la primera.

El índice de tolerancia, proporciona información sobre la mayor o menor tolerancia de la mezcla de masa, lo cual podría estar relacionado a la composición fisicoquímica, por el contenido de proteínas, azúcares y fibra; en este caso el índice de tolerancia para la harina de trigo fue de 60 FE. (Borges *et al.*, 2003)

Según Monleón y Collado (2008), mencionan que la HT con la que estamos trabajando pertenece a la harina de calidad discreta ya que durante el examen farinográfico el MTI y la S fueron de 50 a 70 UB y E>5 respectivamente.

4.1.3.3. Análisis Extensográfico:

Podemos apreciar que la resistencia de la masa no fue constante en el tiempo, y por ende la resistencia máxima tampoco.

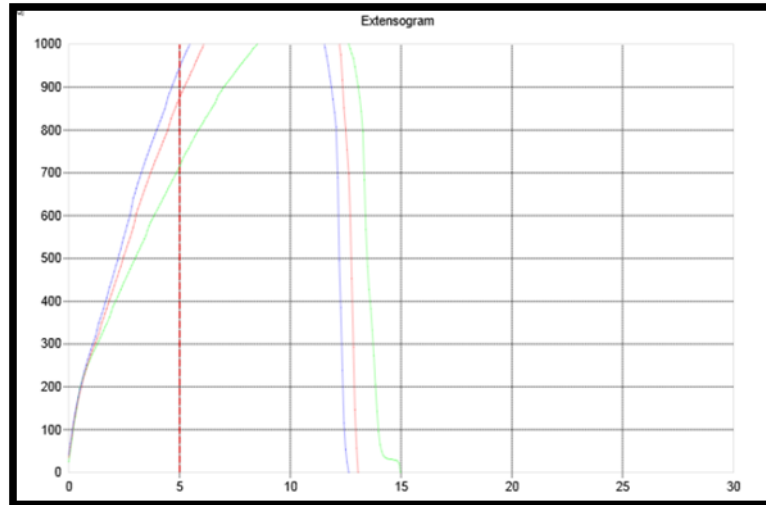


Figura 18. Extensograma de la harina de trigo

Tabla 16. Resumen de los parámetros del análisis de Extensografía

Tiempo (min)	R (BU)	E (mm)	M (BU)	Energía (cm ²)
30	718	150	1078	186
60	880	131	1273	198
90	951	126	1227	193

R = Resistencia a la Extensión (BU), E = Extensibilidad (mm), M = Resistencia máxima (BU)

Beltrán *et al.* (2014), indica que los valores del M (BU) mayores a 1000, le confieren la cualidad de ser una harina trabajable y fuerte. La R, mostró un aumento desde el minuto 30, 60 y 90, sin embargo la extensibilidad tuvo una leve caída a lo largo de los tres tiempos de fermentación. A mayor área en los extensogramas, mejor calidad, siendo el caso de nuestra harina de trigo.

4.1.4. GRANULOMETRÍA DE LAS HARINAS DE TRIGO, KIWICHA Y QUINUA TOSTADA:

Tabla 17. Granulometría de las harinas

	% RETENCION		
	H. T	H. K	HQT
N°60	11.1	33.1	42.5
N° 120	68.3	48.8	25.5
N° 270	19.3	17.7	27.9
Tapadera	1.3	0.4	4.1

Las harinas de trigo, kiwicha y quinua tostada, se tamizaron durante 20 minutos en un vibrador de tamices, utilizando una serie de 3 tamices con mallas N° 60 (250 μ), 120 (125 μ) y 270 (53 μ). La masa de las 3 fracciones se registró en una balanza analítica.

Mediante ese procedimiento podemos separar las partículas de nuestras harinas por tamaños y tener una idea de la cantidad en porcentaje de cada tamaño de partícula que constituye la muestra en general.

Los datos indicarían que una menor o mayor retención afectaría en el volumen del pan de molde y en el alveolado del pan de molde.

4.2. SCORE QUÍMICO (CQ):

Realizamos el cómputo químico de las diferentes formulaciones a base de las harinas de kiwicha, quinua y de trigo, como referencia se utilizó el patrón de los aminoácidos esenciales de la FAO/OMS/UNU (1985). Los resultados se muestran en la tabla 18.

Los once (11) tratamientos presentados pueden cumplir satisfactoriamente los requerimientos de aminoácidos.

Tabla 18. Score Químico de las formulaciones a base de HT, HQT y HK

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Patrón de aminoácidos (mg/g proteína)*
FORMULACIONES (%)	Harina de trigo	96.7	90.3	86.7	80.3	93	84	95.5	81.5	88.5	88.5	88.5	-
	Harina de kiwicha	2	2	12	12	7	7	0	14	7	7	7	-
	Harina de quinua	1.3	7.7	1.3	7.7	0	9	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	-
SCORE QUÍMICO (%)	Isoleucina	114.6	117.5	120.1	123.0	116.7	120.8	114.9	122.6	118.8	118.8	118.8	31
	Leucina	115.5	114.9	111.4	110.8	113.5	112.8	116.0	110.3	113.2	113.2	113.2	61
	Lisina	71.3	75.5	79.3	83.5	74.5	80.3	71.8	83.0	77.4	77.4	77.4	45
	Metionina + Cisteína	178.3	177.2	175.0	173.9	176.8	175.3	178.4	173.8	176.1	176.1	176.1	24
	Fenilalanina + Tirosina	193.1	187.0	188.9	182.8	192.2	183.7	190.8	185.0	187.9	187.9	187.9	41
	Treonina	125.9	127.4	133.9	135.4	129.6	131.8	125.1	136.3	130.7	130.7	130.7	25
	Triptófano	167.7	165.0	152.0	149.3	160.4	156.6	169.5	147.5	158.5	158.5	158.5	7
	Valina	117.3	117.0	116.8	116.5	117.2	116.7	117.3	116.6	116.9	116.9	116.9	40

*Fuente: WHO/FAO/UNU, 2007

4.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL PAN DE MOLDE:

4.3.1. ANÁLISIS DEL AMINOÁCIDO LISINA EN PAN DE MOLDE:

En la tabla 19 se muestran los valores codificados y reales para el aminoácido lisina. Elaboramos el modelo predictivo y superficie de respuesta, por ser fundamental para la construcción de todas las proteínas del organismo.

Tabla 19: Valores del aminoácido Lisina

Formulación	Harina QT	H. Kiwicha	Harina QT (%)	H. Kiwicha (%)	Lisina
1	-1	-1	1.3	2	71.3
2	+1	-1	7.7	2	75.5
3	-1	+1	1.3	12	79.3
4	+1	+1	7.7	12	83.5
5	- 1.41	0	0	7	74.5
6	+ 1.41	0	9	7	80.3
7	0	- 1.41	4.5	0	71.8
8	0	+ 1.41	4.5	14	83
9	0	0	4.5	7	77.4
10	0	0	4.5	7	77.4
11	0	0	4.5	7	77.4
PATRÓN	-	-	-	-	68.9

En la *tabla 19*, los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones, presentaron un valor mínimo de 71.3 de lisina en la Formulación 1 y un valor máximo de 83.5 en la Formulación 4, mientras que el pan de molde patrón tuvo 68.9 de lisina; sin embargo, cabe mencionar que Tapia (2000) indica como mínimo 70%.

Tabla 20: Coeficientes de regresión para el aminoácido lisina correspondiente al C. Q. en panes de molde.

	Coef. de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	68.873	0.036	1914.48	7.38E-16
X₁ (L)	0.6504	0.011	61.22	2.2E-8
X₁ (Q)	9.4E-17	0.001	0.00	1.0000
X₂ (L)	0.8000	0.007	117.29	8.54E-10
X₂ (Q)	0.0000	0.000	0.00	1.0000
X₁ X₂	1.31E-16	0.001	0.00	1.0000

p* < 0.05, X₁ =HQT, X₂=HK sin tostar

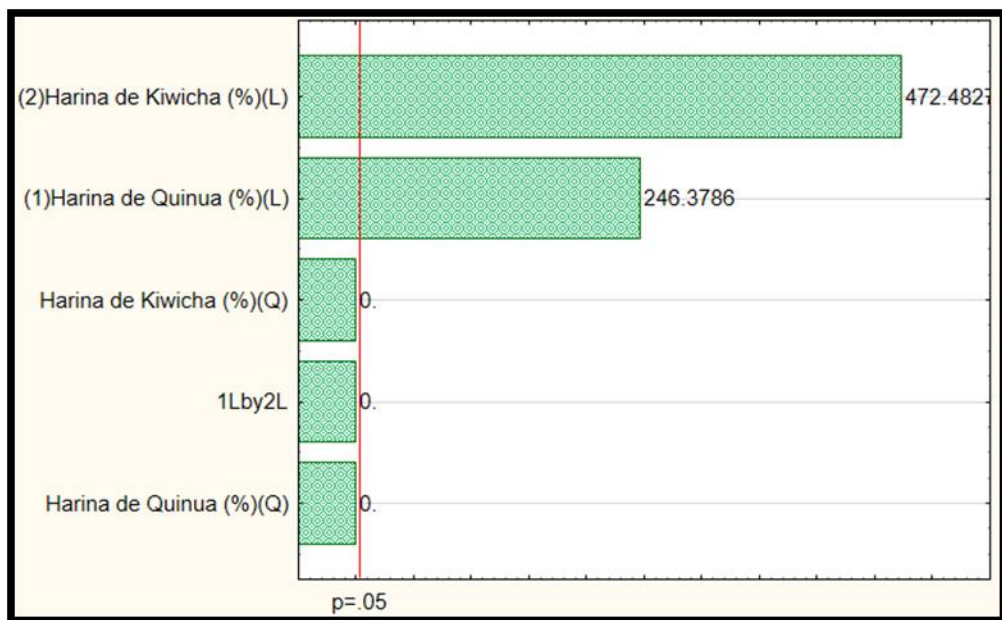


Figura 19. Probabilidad de significancia para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de los panes de molde. (R²=0.99)

El p con el que trabajamos en esta investigación fue de 5%, por lo que asumimos que los coef. de regresión son significativos cuando $p < 0.05$. Tal es el caso al evaluar el aminoácido lisina, determinamos que del término lineal de la HQT y la HK son significativos con un 95% de confianza.

Tabla 21. ANOVA - Lisina ($R^2=0.99$)

	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados medios	F (F calculado)	P (F tabulado)
X_1 (L)	34.457	1	34.457	60702	0.0000
X_1 (Q)	0.000	1	0.000	0	1.0000
X_2 (L)	126.720	1	126.7200	223240	0.0000
X_2 (Q)	0.000	1	0.00000	0	1.0000
$X_1 X_2$	0.000	1	0.00000	0	1.0000
Error	0.003	5	0.00056		
Total SS	161.180	10			

El R^2 , para el delineamiento fue de 99.99%, lo cual indica el buen ajuste del modelo, entonces se construye un modelo de superficie de respuesta representado en la siguiente ecuación:

$$\text{Lisina} = 68.873 + 0.6504X_1 + (9.42E-17) X_1^2 + 0.8X_2 + 0.0X_2^2 + (1.31E-16) X_1 X_2 \dots (1)$$

Dónde:

X_1 = Harina de quinua tostada (%)

X_2 = Harina de kiwicha (%)

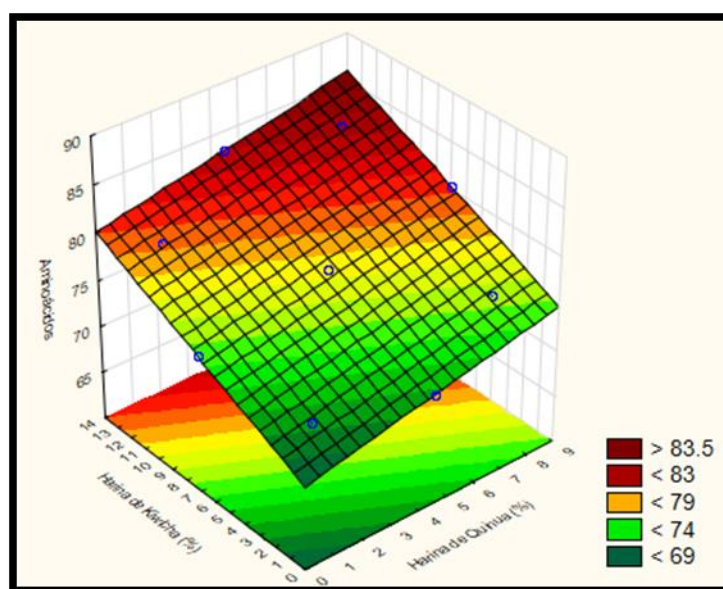


Figura 20. Superficies respuesta para la lisina en panes de molde. HQT (%) HK (%) ($R^2=0.99$)

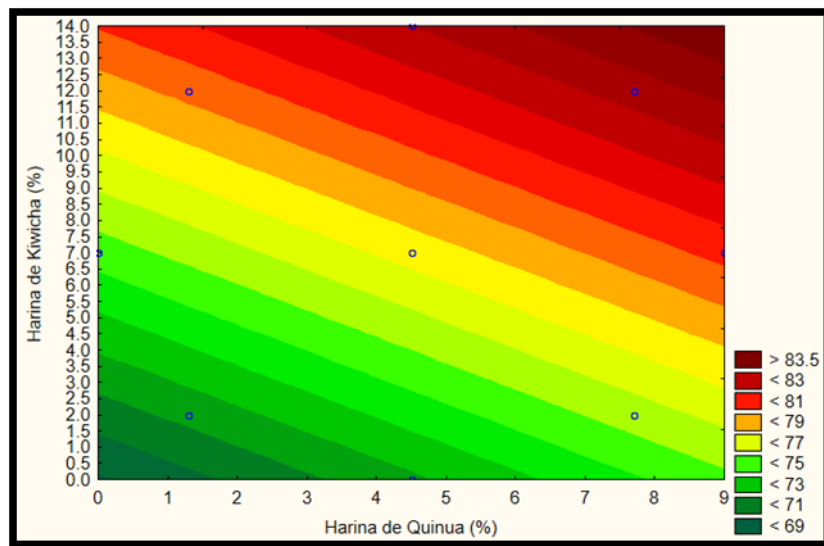


Figura 21. Gráfico de contorno para la lisina de los panes de molde. HQT (%) HK (%)
($R^2=0.99$)

Al analizar la superficie de respuesta para el aminoácido lisina en las figuras 20 y 21, observamos que a más HQT y HK, se obtienen mayores valores de dicho aminoácido.

Según Tapia (2000), recomienda un límite mínimo de 70% de lisina, ante esto, en la figura se muestra la región que toma valores de harina de kiwicha de 12% a 14% y harina de quinua tostada, de 4.5 a 9%, para obtener valores de lisina mayores a 83.5. Sin embargo todas las formulaciones estarían dentro del límite mínimo. Este aminoácido es requerido por los adultos en 14 mg/kg/ día.

4.3.2. ANÁLISIS QUIMICO PROXIMAL DEL PAN DE MOLDE:

4.3.2.1. Determinación de Humedad:

Tabla 22. Valores de humedad

Formulación	Harina Quinoa	H. Kiwicha	Harina Quinoa (%)	Harina de Kiwicha (%)	Humedad
1	-1	-1	1.3	2	27.42
2	+1	-1	7.7	2	30.73
3	-1	+1	1.3	12	31.26
4	+1	+1	7.7	12	32.81
5	- 1.41	0	0	7	30.33
6	+ 1.41	0	9	7	31.51
7	0	- 1.41	4.5	0	29.66
8	0	+ 1.41	4.5	14	32.04
9	0	0	4.5	7	30.97
10	0	0	4.5	7	30.92
11	0	0	4.5	7	30.85
PATRÓN	-	-	-	-	26.89

La humedad es uno de los principales responsables de deterioro de los alimentos (Gutkoski, 2002), cuando son valores altos produce panes pegajosos. (Esteller y Lannes, 2005).

Según el Instituto Nacional de Salud – Perú (2017), la humedad de pan de molde es de 20.8%. Obtuvimos un valor mínimo de 27.42% en la Formulación 1 y un valor máximo de 32.81% en la Formulación 4, siendo estos valores menores al límite máximo. La incorporación de harina de quinua tostada y harina de kiwicha sin tostar ocasionaron un incremento en los niveles de humedad, con una variación de 30.77 ± 1.38 ; éste, se asocia al contenido de fibra (Aguilar, 2012).

Tabla 23: Coeficientes de regresión para el análisis de humedad de los panes de molde

	Coef. de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	26.870	1.018	26.393	0.000
X₁ (L)	0.521	0.301	1.733	0.144
X₁ (Q)	-0.008	0.028	-0.291	0.783
X₂ (L)	0.423	0.193	2.193	0.080
X₂ (Q)	-0.005	0.012	-0.409	0.699
X₁ X₂	-0.027	0.021	-1.305	0.249

* p<0.05, X₁=harina de quinua, X₂=harina de kiwicha, L=término lineal, Q=término cuadrático

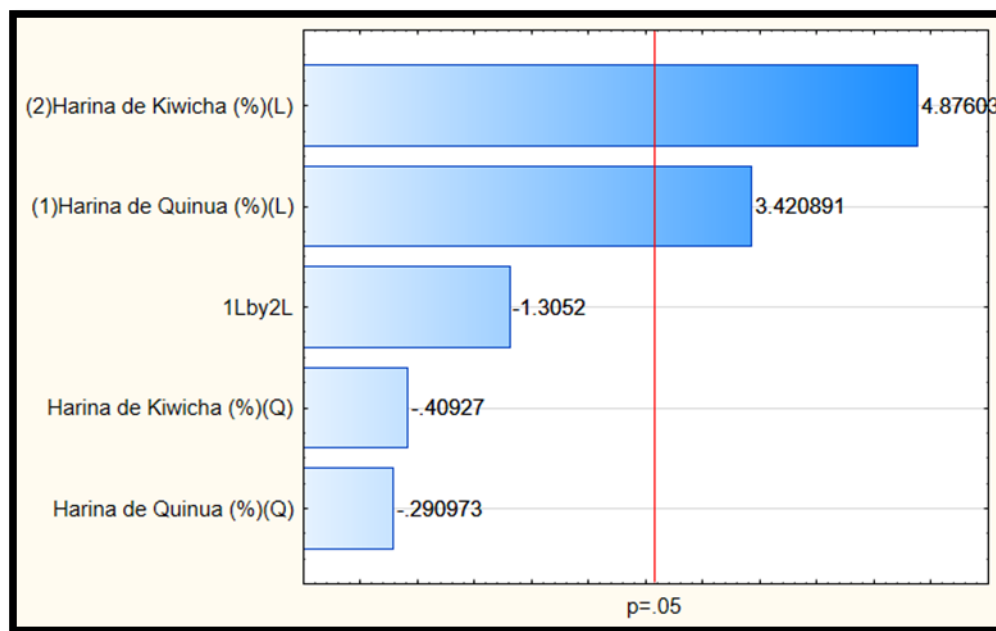


Figura 22. Probab. de signific. de la humedad de los panes ($R^2=0.88$)

Se determinaron los coeficientes de regresión de los términos en estudio, e interacción de las variables independientes. Identificamos que los términos significantes son los lineales de la harina de kiwicha y harina de quinua tostada.

Tabla 24: ANOVA - Humedad ($R^2=0.88$)

	SS	1	MS	F	P
X_1 (L)	5.320	1	5.320	11.702	0.019
X_1 (Q)	0.038	1	0.038	0.085	0.783
X_2 (L)	10.808	1	10.808	23.776	0.005
X_2 (Q)	0.076	1	0.076	0.168	0.699
$X_1 X_2$	0.774	1	0.774	1.704	0.249
Error	2.273	5	0.455		
Total SS	19.266	10			

El valor de la variable R^2 fue 88%, lo que nos permite mostrar la superficie de respuesta con su respectivo modelo.

$$\text{Humedad} = 26.870 + 0.5211X_1 - 0.008X_1^2 + 0.423 X_2 - 0.005X_2^2 - 0.027X_1 X_2 \dots (2)$$

Y: X_1 = H. quinua tostada (%)
 X_2 = H. kiwicha (%)

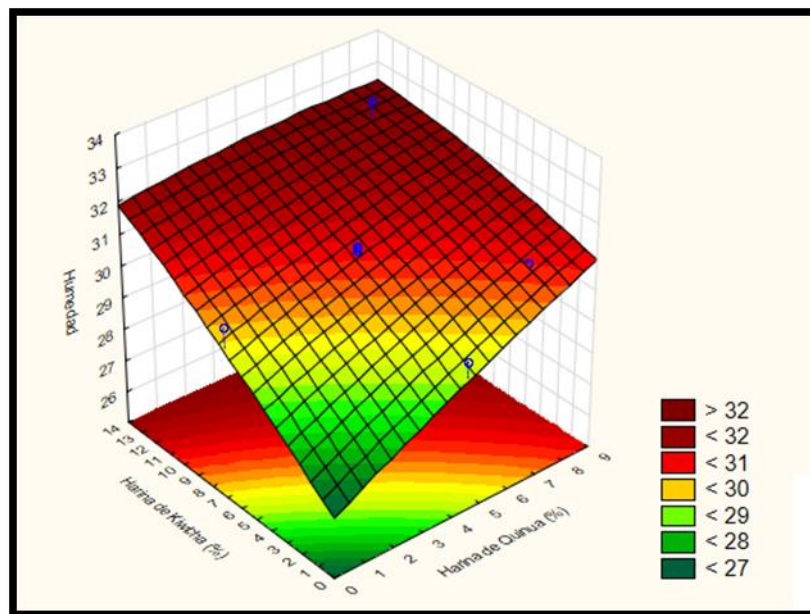


Figura 23. Superficies de respuesta para la humedad de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.88$)

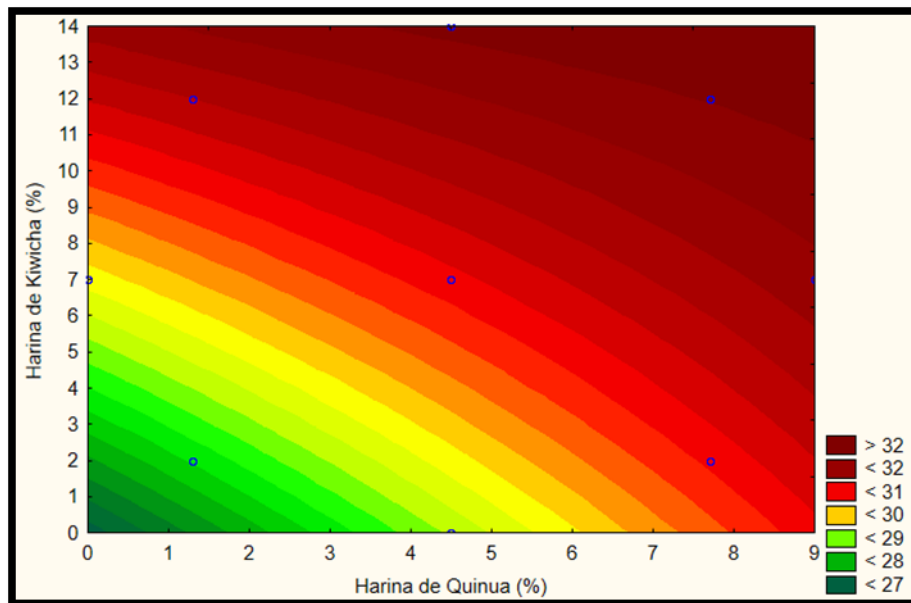


Figura 24. Gráfico de contorno para la humedad de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.88$)

Se observa en las gráficas 23 y 24 que cuando se incrementa la sustitución de harina de quinua tostada y harina de kiwicha, el contenido de humedad en la composición de los panes de molde es elevado como podemos ver en los niveles de 8 a 9% de harina de quinua tostada y de 12.5 a 14% de harina de kiwicha. En la muestra patrón obtuvimos un valor de 26.89% de humedad, siendo cercano al valor mencionado por el MINSA, 2009 en la Tablas de Composición de Alimentos Industrializados para un pan blanco de molde la humedad con 25.8%.

4.3.2.2. Determinación de Proteínas:

Tabla 25: Valores de proteínas en pan de molde

Formulación	Harina de Quinua	Harina de Kiwicha	Harina de Quinua (%)	Harina de Kiwicha (%)	Proteína
1	-1	-1	1.3	2	7.57
2	+1	-1	7.7	2	10.23
3	-1	+1	1.3	12	10.12
4	+1	+1	7.7	12	10.89
5	- 1.41	0	0	7	8.15
6	+ 1.41	0	9	7	11.1
7	0	- 1.41	4.5	0	8.15
8	0	+ 1.41	4.5	14	10.73
9	0	0	4.5	7	9.72
10	0	0	4.5	7	9.7
11	0	0	4.5	7	9.87
PATRÓN	-	-	-	-	6.23

Los valores de proteínas para formulaciones estuvieron entre valor mínimo de 7.57 en la Formulación 1 y un valor máximo de 11.1 en la Formulación 6, ambos superiores al pan de molde patrón con 6.23 de proteína, siendo mayor al valor mencionado por el MINSa (2002), marcando para el pan de molde, un 6.8%.

Tabla 26: Coeficientes de regresión para el análisis de proteínas de los panes de molde ($R^2=0.987$)

	Coef. de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	6.0017	0.2847	21.080	0.0000
X₁ (L)	0.5266	0.0841	6.263	0.0015
X₁ (Q)	-0.0025	0.0078	-0.316	0.7649
X₂ (L)	0.3721	0.0540	6.892	0.0010
X₂ (Q)	-0.0048	0.0032	-1.484	0.1979
X₁ X₂	-0.0295	0.0059	-5.012	0.0041

*Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

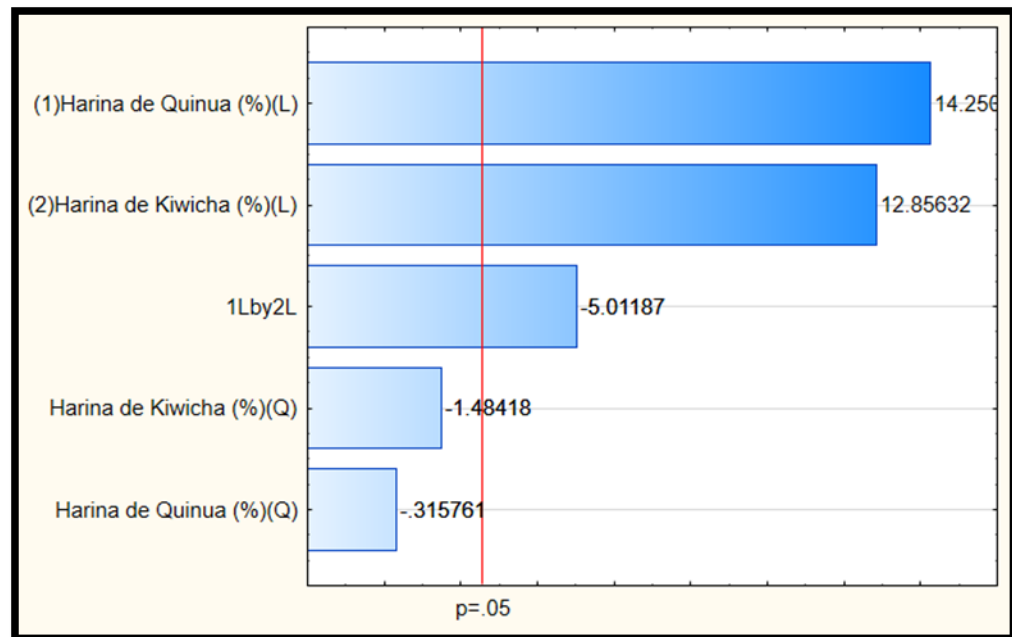


Figura 25. Probabilidad de significancia para la proteína de los panes de molde. ($R^2=0.987$)

Al evaluar las proteínas, determinamos que el término lineal de la HQT y a HK así como la interacción de ambas son significativos, al ser $p < 0.05$

Tabla 27: Análisis de varianza para la proteína ($R^2=0.987$)

	SS	1	MS	F	P
X₁ (L)	7.220	1	7.2196	203.07	0.0000
X₁ (Q)	0.004	1	0.0035	0.10	0.7649
X₂ (L)	5.876	1	5.8762	165.29	0.0001
X₂ (Q)	0.078	1	0.0783	2.20	0.1979
X₁ X₂	0.893	1	0.8930	25.12	0.0041
Error	0.178	5	0.0356		
Total SS	14.245	10			

En el ANOVA, el valor de coeficiente de determinación (R^2), para el delineamiento experimental completo de la variable de estudio fue de 98.75%. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

$$\text{Prot.} = 6.002 + 0.527X_1 - 0.002 X_1^2 + 0.372 X_2 - 0.005 X_2^2 - 0.030 X_1 X_2 \dots (3)$$

Dónde:

X₁ = Harina de quinua tostada (%)

X₂ = Harina de kiwicha (%)

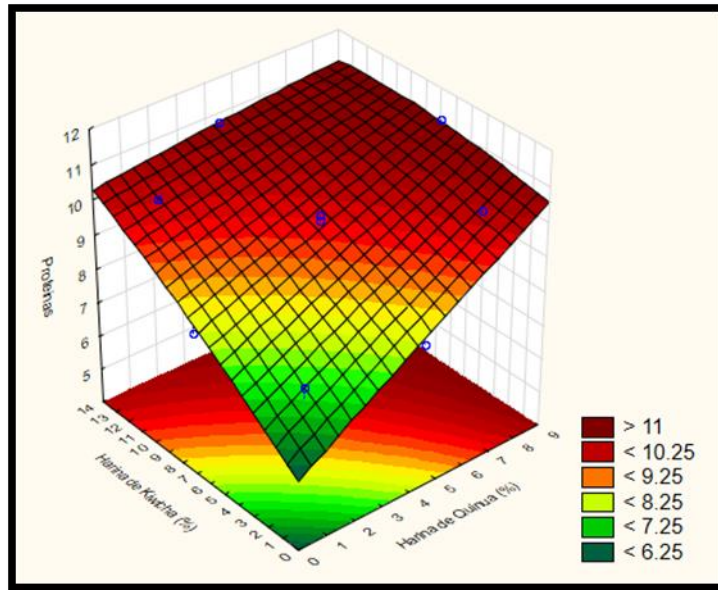


Figura 26 Superficie de respuesta para la proteína de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%)

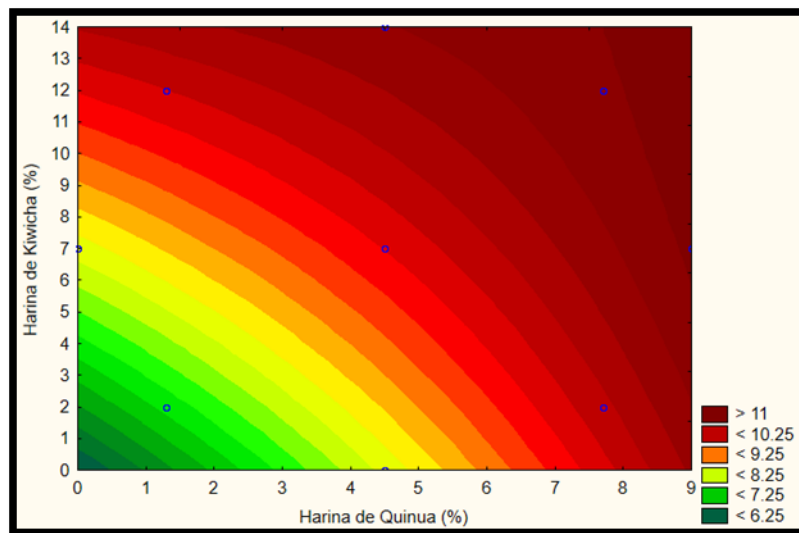


Figura 27. Gráfico de contorno para la proteína de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.987$)

Al analizar la superficie de respuesta para las proteínas y el gráfico de contorno en las figuras 26 y 27 respectivamente, se observa que los valores de proteínas aumentan cuando la formulación incrementa el nivel de sustitución parcial de harina de quinua tostada y harina de kiwicha.

4.3.2.3. Determinación de Grasa:

Tabla 28. Valores de grasas en los panes de molde

Formulación	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Quinoa (%)	Harina de Kiwicha (%)	Grasa
1	-1	-1	1.3	2	4.51
2	+1	-1	7.7	2	9.52
3	-1	+1	1.3	12	9.76
4	+1	+1	7.7	12	10.87
5	- 1.41	0	0	7	8.35
6	+ 1.41	0	9	7	11.01
7	0	- 1.41	4.5	0	7.45
8	0	+ 1.41	4.5	14	9.34
9	0	0	4.5	7	8.91
10	0	0	4.5	7	8.98
11	0	0	4.5	7	8.89
PATRÓN	-	-	-	-	3.45

En la tabla 28, los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones presentaron un valor mínimo de 4.51 de grasa en la Formulación 1 y un valor máximo de 11.01 en la Formulación 6. El pan de molde patrón con 3.45% de grasas, siendo mayor al valor mencionado por el MINSA (2002), que es 2.5%.

Tabla 29. Coeficientes de regresión para el análisis de grasas de los panes de molde ($R^2=0.909$)

	Coef. de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	3.465	1.141	3.037	0.029
X₁ (L)	0.565	0.337	1.677	0.154
X₁ (Q)	0.028	0.031	0.890	0.414
X₂ (L)	0.715	0.216	3.306	0.021
X₂ (Q)	-0.015	0.013	-1.144	0.304
X₁ X₂	-0.061	0.024	-2.587	0.049

*Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

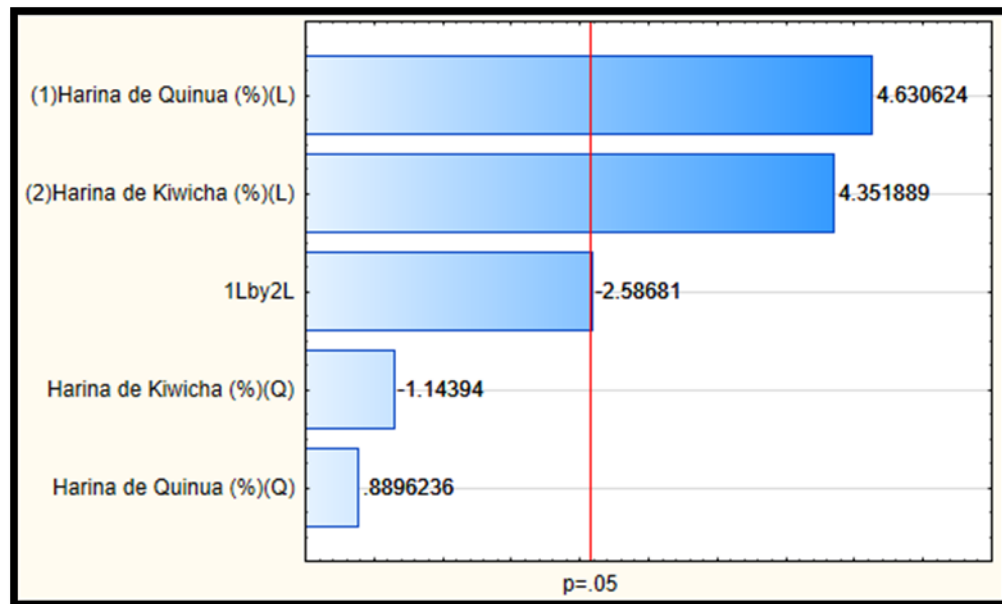


Figura 28. Probabilidad de significancia para la grasas de los panes de molde. ($R^2=0.909$)

El p con el que trabajamos en esta investigación fue de 5%, por lo que asumimos que los coef. de regresión son significativos cuando $p < 0.05$, tal es el caso del término lineal de la HQT y la HK y la interacción de ambas.

Tabla 30. Análisis de varianza para la respuesta grasas ($R^2=0.909$)

	SS	1	MS	F	P
X₁ (L)	12.247	1	12.247	21.443	0.0057
X₁ (Q)	0.452	1	0.452	0.791	0.4144
X₂ (L)	10.817	1	10.817	18.939	0.0073
X₂ (Q)	0.747	1	0.747	1.309	0.3044
X₁ X₂	3.822	1	3.822	6.692	0.0490
Error	2.856	5	0.571		
Total SS	31.413	10			

En el ANOVA, vemos un coeficiente de explicación o de determinación de 90.99%, entonces se construye un modelo de superficie de respuesta representado en la siguiente ecuación:

$$\text{Grasas} = 3.465 + 0.565X_1 + 0.028X_1^2 + 0.715X_2 - 0.015X_2^2 - 0.061X_1X_2 \dots \quad (4)$$

Donde:

X₁ = Harina de quinua tostada (%)

X₂ = Harina de kiwicha (%)

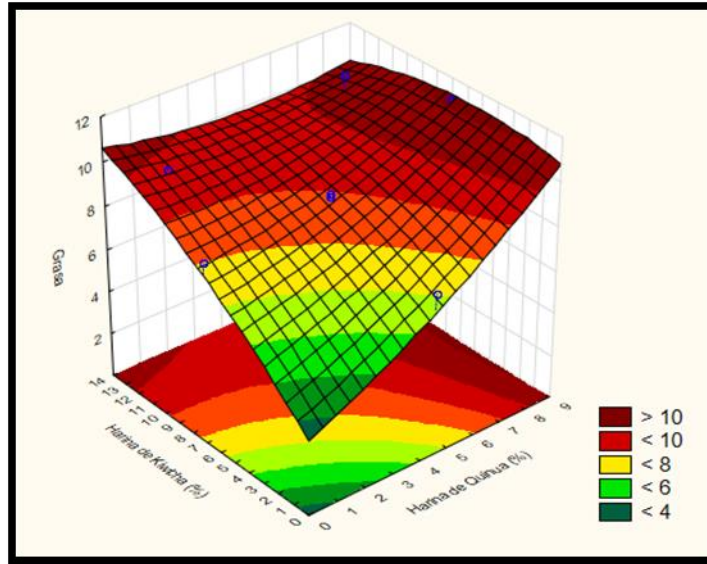


Figura 29. Superficies de respuesta para la grasa de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) $R^2=0.909$

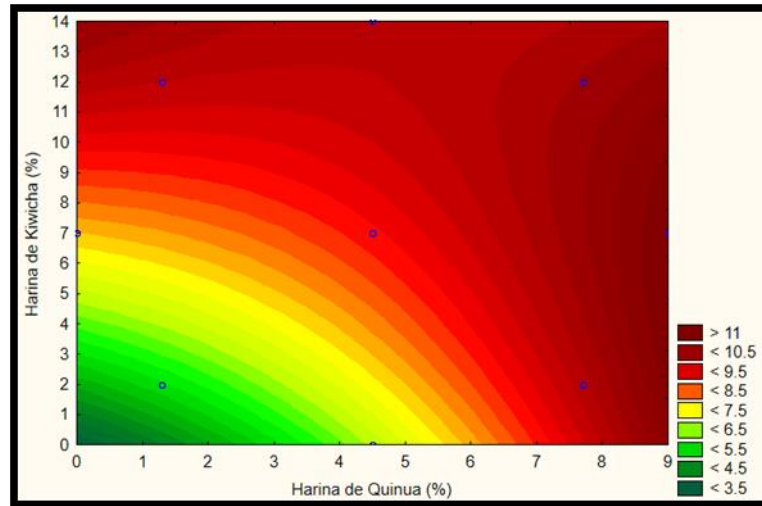


Figura 30. Gráfico de contorno para la grasa de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.909$)

Al analizar la superficie de respuesta para las grasas y el gráfico de contorno en las figuras 29 y 30 respectivamente, podemos apreciar que nuestro F0 tiene menos de 3.5% de grasa y que el nivel de grasa va aumentando conforme incrementan los valores de sustitución parcial de harina de quinua y harina de kiwicha.

4.3.2.4. Determinación de Ceniza:

Tabla 31. Valores de cenizas en los panes de molde

Formulación	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Quinoa (%)	Harina de Kiwicha (%)	Cenizas
1	-1	-1	1.3	2	2.01
2	+1	-1	7.7	2	2.07
3	-1	+1	1.3	12	2.08
4	+1	+1	7.7	12	2.1
5	- 1.41	0	0	7	2.05
6	+ 1.41	0	9	7	2.13
7	0	- 1.41	4.5	0	2.03
8	0	+ 1.41	4.5	14	2.09
9	0	0	4.5	7	2.07
10	0	0	4.5	7	2.07
11	0	0	4.5	7	2.07
PATRÓN	-	-	-	-	1.99

En la tabla 31, se presentaron un valor mínimo de 2.01 de cenizas en la Formulación 1 y un valor máximo de 2.13 en la Formulación 6, mientras que el pan de molde patrón 1.99 de cenizas, a diferencia de lo que menciona el MINSA 2002, en la Tablas Peruanas de Composición de los Alimentos Industrializados para un pan blanco de molde con 1.9%.

Tabla 32: Coeficientes de regresión para el análisis de cenizas en los panes de molde

	Coef. de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	1.984	0.013	153.9	0.000
X₁ (L)	0.005	0.004	1.4	0.222
X₁ (Q)	0.001	0.000	2.1	0.091
X₂ (L)	0.012	0.002	4.8	0.005
X₂ (Q)	-0.000	0.000	-2.1	0.088
X₁ X₂	-0.001	0.000	-2.3	0.066

* Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

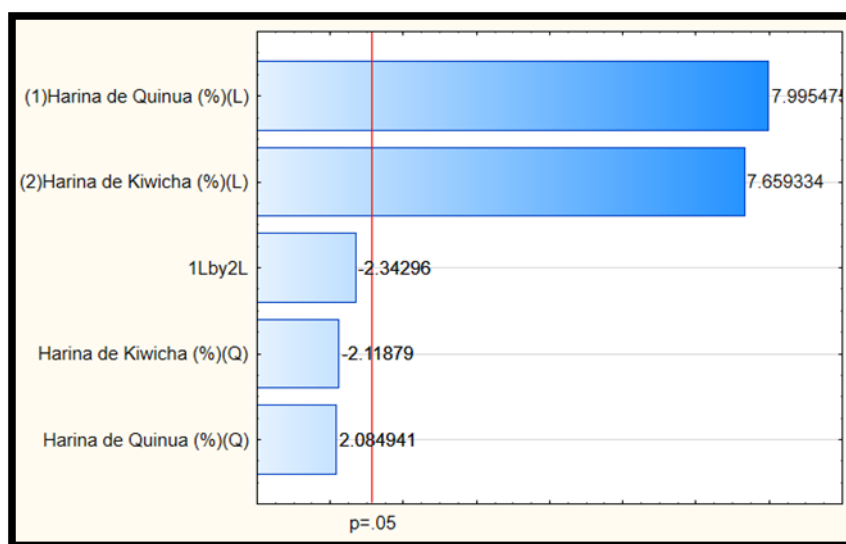


Figura 31. Probabilidad de significancia para la ceniza de los panes de molde. ($R^2=0.9656$)

Los coeficientes de regresión son significativos cuando $p < 0.05$. Tal es el caso del término lineal de la HQT y la HK.

Tabla 33: Análisis de varianza para cenizas ($R^2=0.966$)

	SS	1	MS	F	P
X_1 (L)	0.005	1	0.005	63.93	0.000
X_1 (Q)	0.000	1	0.000	4.35	0.091
X_2 (L)	0.004	1	0.004	58.67	0.001
X_2 (Q)	0.000	1	0.000	4.49	0.088
$X_1 X_2$	0.000	1	0.000	5.49	0.066
Error	0.000	5	0.000		
Total SS	0.011	10			

El valor de coeficiente de determinación (R^2), para el delineamiento experimental completo de la variable de estudio fue de 96%. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

$$\text{Cenizas} = 1.984 + 0.005 X_1 + 0.001 X_1^2 + 0.012 X_2 - 0.0003 X_2^2 - 0.001 X_1 X_2 \dots (5)$$

Donde:

X_1 = Harina de quinua tostada (%)

X_2 = Harina de kiwicha (%)

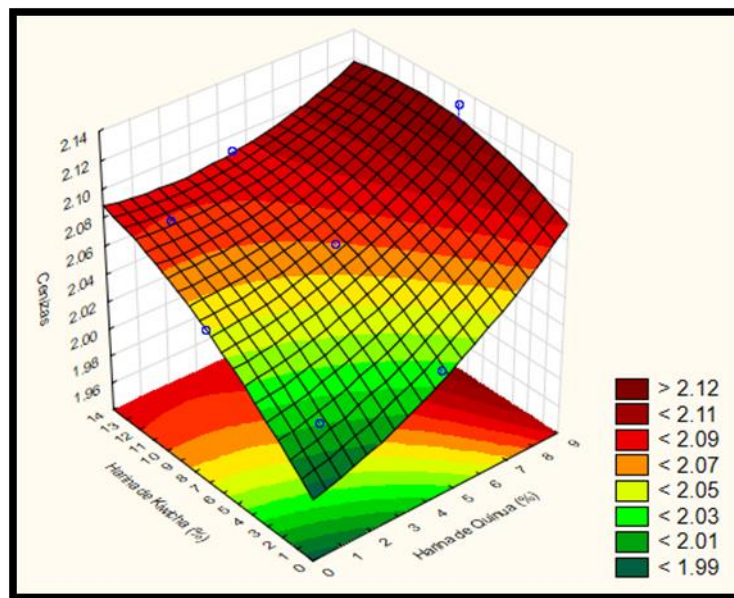


Figura32. Superficies de respuesta para la ceniza de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2 = 0.966$)

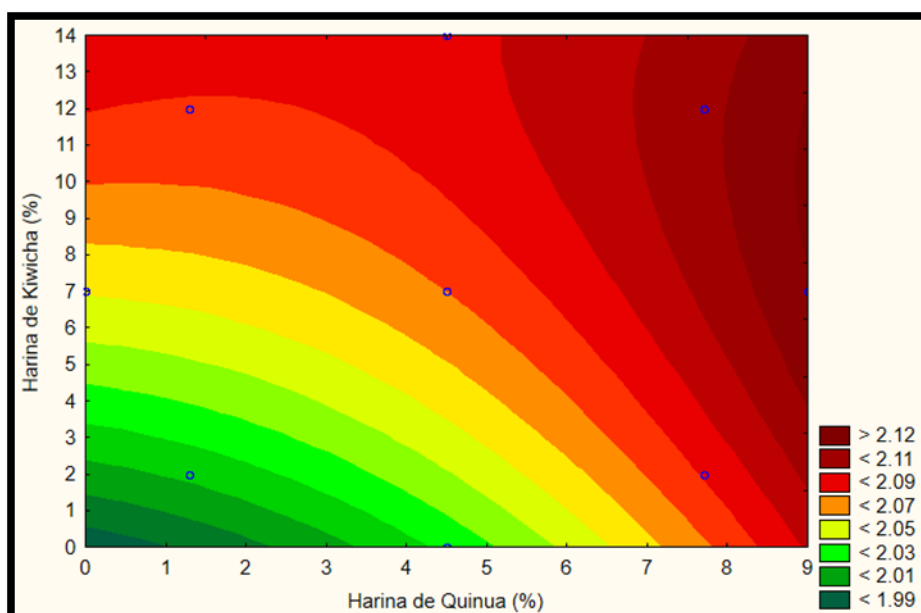


Figura 33. Gráfico de contorno para la ceniza de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2 = 0.966$)

En las figuras 32 y 33 se observa que los valores de cenizas son mayores cuando los valores de sustitución parcial incrementan.

4.3.2.5. Determinación de Carbohidratos:

Tabla 34: Valores de carbohidratos en los panes de molde

Formulación	H. Quinoa (%)	H. Kiwicha (%)	H. Quinoa (%)	H. Kiwicha (%)	Carbohidratos
1	-1	-1	1.3	2	58.5
2	+1	-1	7.7	2	47.45
3	-1	+1	1.3	12	46.78
4	+1	+1	7.7	12	43.33
5	- 1.41	0	0	7	51.12
6	+ 1.41	0	9	7	44.26
7	0	- 1.41	4.5	0	52.71
8	0	+ 1.41	4.5	14	45.8
9	0	0	4.5	7	48.33
10	0	0	4.5	7	48.33
11	0	0	4.5	7	48.32
PATRÓN	-	-	-	-	66.95

Los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones presentaron un valor mínimo de 43.33 de carbohidratos en la Formulación 4 y un valor máximo de 58.5 en la Formulación 1, mientras que el pan de molde patrón 66.95%, siendo este próximo al valor mencionado por el MINSa (2009) para un pan blanco de molde, 66.8

Tabla 35: Coeficientes de regresión para el análisis de carbohidratos en los panes de molde

	Coef. de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	61.680	1.8825	32.765	0.0000
X₁ (L)	-1.618	0.5559	-2.911	0.0334
X₁ (Q)	-0.018	0.0516	-0.348	0.7417
X₂ (L)	-1.522	0.3569	-4.266	0.0080
X₂ (Q)	0.025	0.0213	1.154	0.3008
X₁ X₂	0.119	0.0390	3.048	0.0285

*

Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

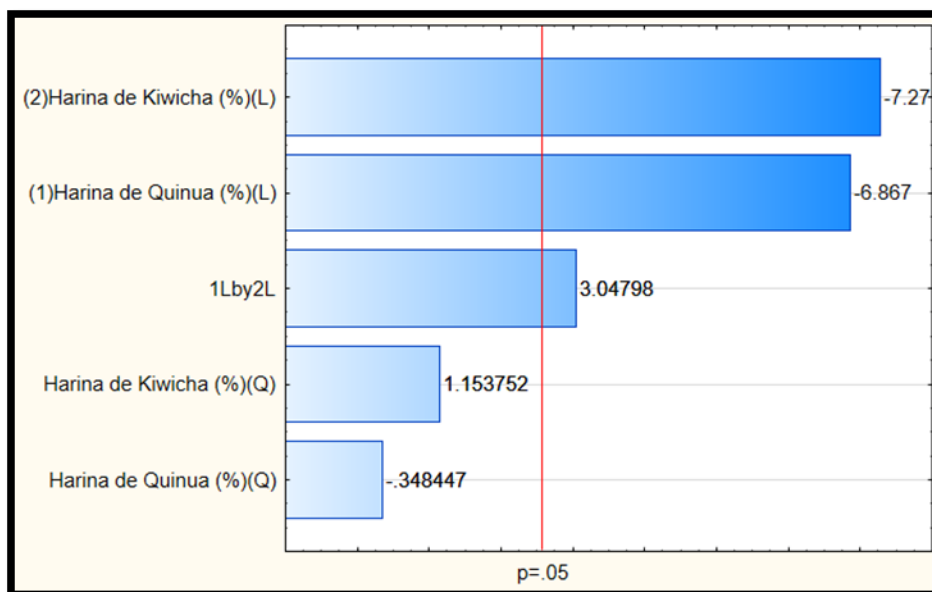


Figura 34. Probabilidad de significancia para carbohidratos de los panes de molde ($R^2=0.957$)

El p con el que trabajamos en esta investigación fue de 5%, por lo que asumimos que los coef. de regresión son significativos cuando $p < 0.05$. Tal es el caso que al evaluar los carbohidratos, determinamos que del término lineal de la HQT y la HK y la interacción de ambas harinas.

Tabla 36: Análisis de varianza para la respuesta carbohidratos ($R^2=0.957$)

	SS	1	MS	F	P
X₁ (L)	73.296	1	73.2955	47.1557	0.00100
X₁ (Q)	0.189	1	0.1887	0.1214	0.74170
X₂ (L)	82.192	1	82.1924	52.8797	0.00077
X₂ (Q)	2.069	1	2.0690	1.3311	0.30075
X₁ X₂	14.440	1	14.4400	9.2902	0.02849
Error	7.772	5	1.5543		
Total SS	180.550	10			

En el ANOVA en la tabla 36, tenemos un coeficiente de determinación de 95.69%, entonces se construye un modelo de superficie de respuesta representado en la siguiente ecuación:

$$\text{Carbohidratos} = 61.680 - 1.618X_1 - 0.018X_1^2 - 1.522X_2 + 0.025X_2^2 + 0.119X_1X_2 \dots \quad (6)$$

Donde:

X₁ = Harina de quinua tostada (%)

X₂ = Harina de kiwicha (%)

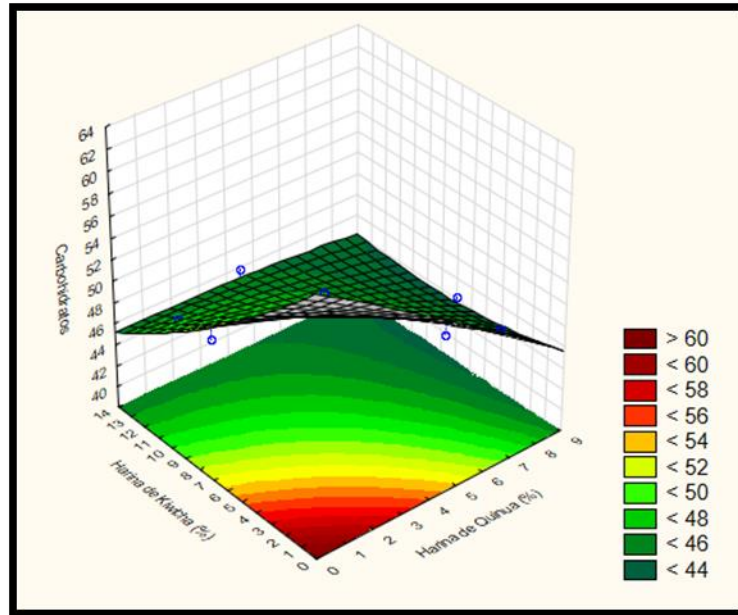


Figura 35. Superficies respuesta para carbohidratos en panes de molde, en función de: contenido de h. quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.957$)

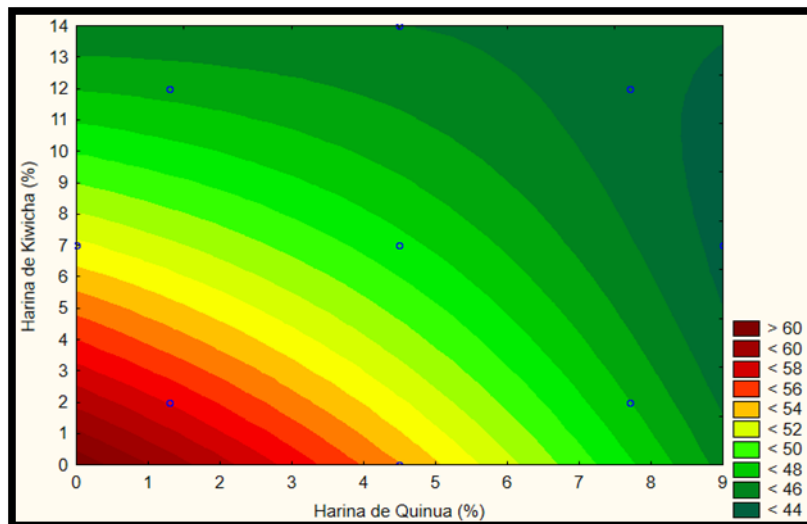


Figura 36. Gráfico de contorno para carbohidratos de los panes de molde, en función de: contenido de h. quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.957$)

En las figuras 35 y 36 se observa que los valores de carbohidratos aumentan cuando disminuye la sustitución parcial de harina de quinua y harina de kiwicha, de tal modo que en el F_0 presenta un contenido de carbohidratos mayor a 51%.

4.3.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PAN DE MOLDE:

4.3.3.1. Volumen específico:

Tabla 37. Valores de volumen específico en los panes de molde

Formulación	Harina Quinoa	Harina Kiwicha	Harina Quinoa (%)	Harina Kiwicha (%)	Volumen específico
1	-1	-1	1.3	2	5.17
2	+1	-1	7.7	2	4.54
3	-1	+1	1.3	12	4.39
4	+1	+1	7.7	12	3.91
5	- 1.41	0	0	7	4.62
6	+ 1.41	0	9	7	3.95
7	0	- 1.41	4.5	0	4.77
8	0	+ 1.41	4.5	14	3.47
9	0	0	4.5	7	4.59
10	0	0	4.5	7	4.69
11	0	0	4.5	7	4.38
PATRÓN	-	-	-	-	5.20

En la tabla 37, los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones presentaron un valor mínimo de 3.47 de en cuanto al volumen específico en la Formulación 8 y un valor máximo de 5.17 en la Formulación 1, mientras que el pan de molde patrón presenta un volumen específico de 5.20.

Tabla 38: Coeficientes de regresión para volumen específico de pan de molde

	Coef. de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	5.168	0.346	14.95	0.000
X₁ (L)	-0.047	0.102	-0.46	0.666
X₁ (Q)	-0.006	0.009	-0.59	0.582
X₂ (L)	-0.013	0.066	-0.20	0.849
X₂ (Q)	-0.006	0.004	-1.44	0.208
X₁ X₂	0.002	0.007	0.33	0.757

*

Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

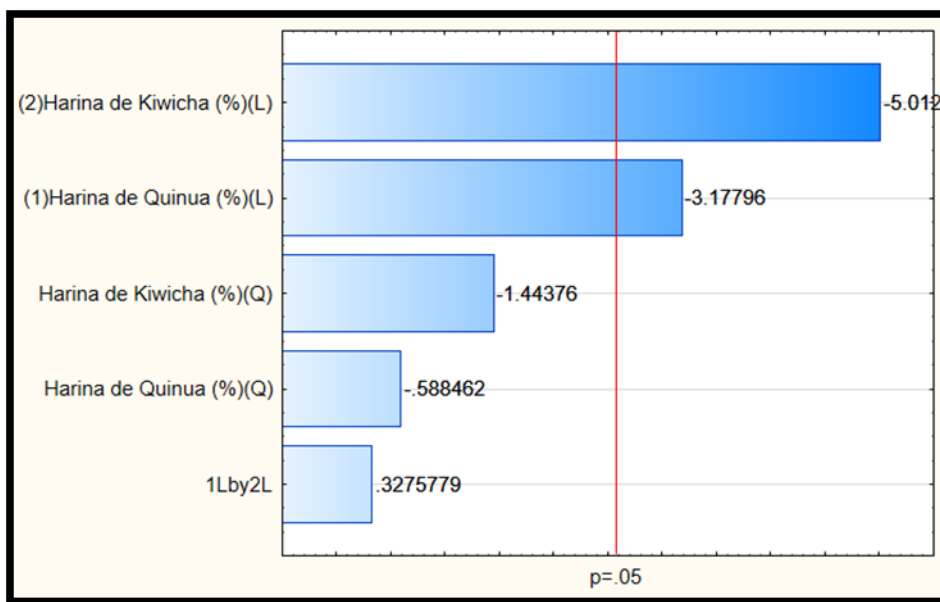


Figura 37. Probabilidad de significancia para volumen específico ($R^2=0.882$)

El p con el que trabajamos en esta investigación fue de 5%, por lo que asumimos que los coef. de regresión son significativos cuando $p < 0.05$. Tal es el caso que al evaluar el volumen específico, determinamos que el término lineal de la HQT y la HK son significativos.

Tabla 39: Análisis de varianza para la respuesta vol. específico ($R^2=0.882$)

	SS	Df	MS	F	p
X_1 (L)	0.529	1	0.529	10.10	0.025
X_1 (Q)	0.018	1	0.018	0.35	0.582
X_2 (L)	1.317	1	1.317	25.13	0.004
X_2 (Q)	0.109	1	0.109	2.08	0.208
$X_1 X_2$	0.006	1	0.006	0.11	0.757
Error	0.262	5	0.052		
Total SS	2.225	10			

En el ANOVA se tiene un coeficiente de explicación o de determinación de 88.2%, entonces se construye un modelo de superficie de respuesta representado en la siguiente ecuación:

$$\text{Vol. Específ.} = 5.168 - 0.047X_1 - 0.006X_1^2 - 0.013X_2 - 0.006X_2^2 + 0.002X_1 X_2 \dots (7)$$

Donde:

X_1 = Harina de quinua tostada (%)

X_2 = Harina de kiwicha (%)

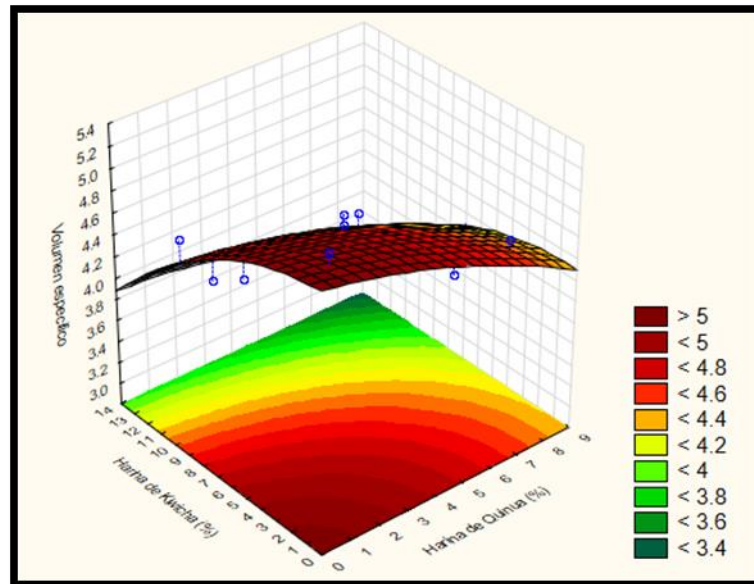


Figura 38. Superficies de respuesta para el análisis de volumen específico de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.882$)

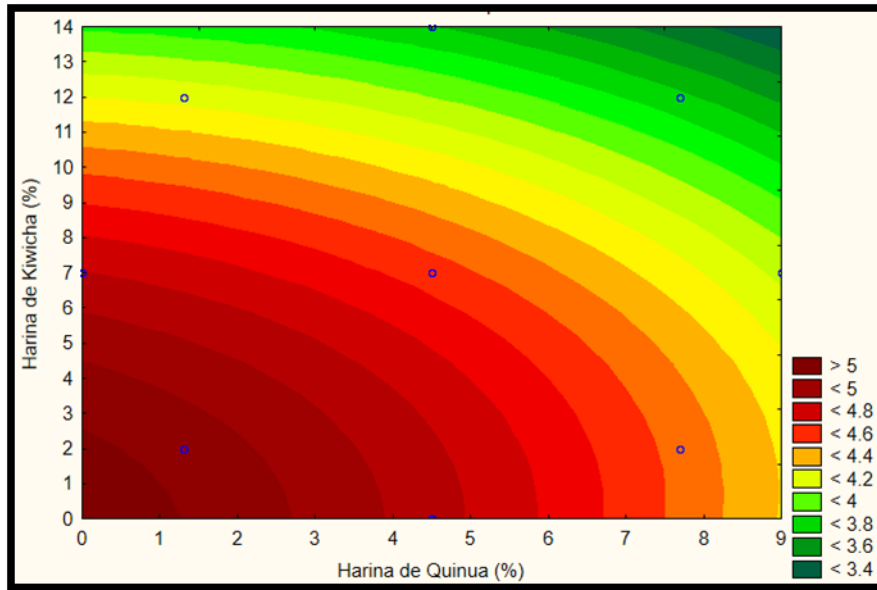


Figura 39. Gráfico de contorno para el volumen específico de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.88223$)

Al analizar la superficie de respuesta y el gráfico de contorno para volumen específico en las figuras 38 y 39 respectivamente, se observa que los valores de volumen específico aumentan cuando las sustituciones parciales de harina de quinua y kiwicha disminuyen, siendo la formulación patrón el pan de molde que contiene el mayor volumen específico.

Según Silveira y Salas (2013), los valores más bajos de volumen específico, se debe a su pobre calidad en la panificación y a un alto contenido en fibra, lo que impide la expansión de la red de gluten, otorgando dureza a la masa, por lo tanto quitándoles elasticidad, haciéndola viscosa e impidiendo que se forme una adecuada retención de gluten que pueda atrapar el CO_2 fermentado, permitiendo así, que el pan de molde colapse en sus estructuras volumétricas.

4.3.3.2. Textura:

Tabla 40: Valores de textura en los panes de molde

Formulación	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Quinoa (%)	Harina de Kiwicha (%)	Textura (mJ)
1	-1	-1	1.3	2	45.24
2	+1	-1	7.7	2	78.44
3	-1	+1	1.3	12	44.41
4	+1	+1	7.7	12	98.10
5	- 1.41	0	0	7	58.31
6	+ 1.41	0	9	7	90.25
7	0	- 1.41	4.5	0	43.71
8	0	+ 1.41	4.5	14	99.79
9	0	0	4.5	7	67.65
10	0	0	4.5	7	67.56
11	0	0	4.5	7	67.88
PATRÓN	-	-	-	-	33.21

Un pan de alta calidad con un buen grado de frescura, está relacionado con altos valores de elasticidad, sin embargo, un pan con bajos valores de elasticidad tiende a desmigajarse cuando se le rebana (Mc Carty, Gallagher, Gormeley, Schober, & Arent 2005).

En la tabla 40, los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones presentaron un valor mínimo de 43.71 de textura en la Formulación 7 y un valor máximo de 99.79 en la Formulación 8, mientras que en el pan de molde patrón se obtuvo 33.21 de textura.

Tabla 41: Coeficientes de regresión para el análisis de textura de los panes de molde.

	Coef. de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	41.299	18.650	2.2144	0.0777
X₁ (L)	1.489	5.508	0.2703	0.7977
X₁ (Q)	0.161	0.511	0.3147	0.7657
X₂ (L)	0.818	3.536	0.2313	0.8263
X₂ (Q)	0.014	0.211	0.0676	0.9487
X₁ X₂ *	0.320	0.386	0.8294	0.4446

*Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

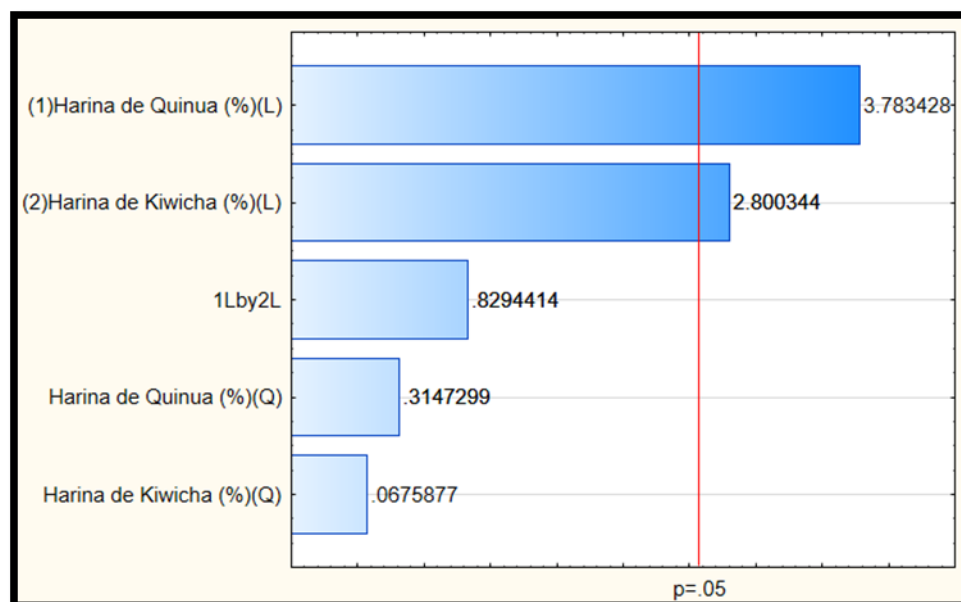


Figura 40. Probabilidad de significancia para la textura de los panes de molde. ($R^2=0.82$)

En la figura 40, se observan los valores de los términos lineales de la harina de kiwicha y la harina de quinua tostada como significativos ($p < 0.05$).

Tabla 42. Análisis de varianza para la respuesta textura ($R^2=0.821$)

	SS	1	MS	F	P
X₁ (L)	2183.853	1.0	2183.853	14.314	0.0128
X₁ (Q)	15.112	1.0	15.112	0.099	0.7657
X₂ (L)	1196.397	1.0	1196.397	7.842	0.0380
X₂ (Q)	0.697	1.0	0.697	0.005	0.9487
X₁ X₂	104.960	1.0	104.960	0.688	0.4446
Error	762.821	5.0	152.564		
Total SS	4263.229	10.0			

El valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental completo de la variable de estudio fue de 82.11%. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

$$\text{Textura}=41.299+1.489X_1+0.161X_1^2+0.8184X_2+0.0141X_2^2+0.32X_1X_2 \dots \text{ (8)}$$

Donde:

X₁ = Harina de quinua tostada (%)

X₂ = Harina de kiwicha (%)

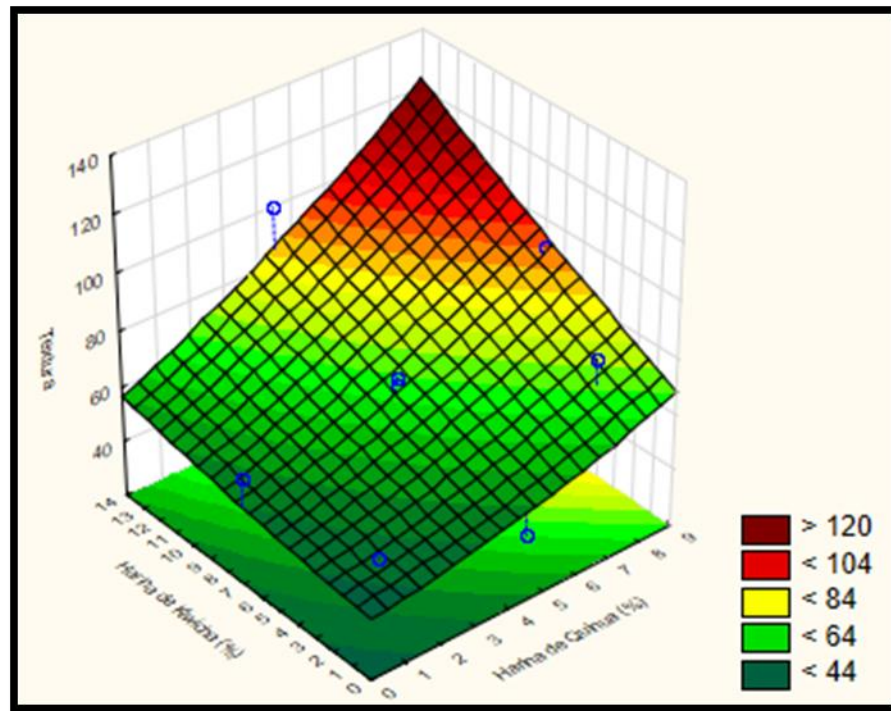


Figura 41. Superficies de respuesta para la textura de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.821$)

Al analizar la superficie de respuesta y el gráfico de contorno para textura en las figuras 41 y 42 respectivamente, se corrobora lo que manifiesta Majzooobi (2013), que conforme aumenta la sustitución parcial, en este caso de harina de quinua y harina de kiwicha en el pan de molde, aumenta la dureza. Siendo el pan de molde más duro el que tenga 9% de harina de quinua y 14% de harina de kiwicha.

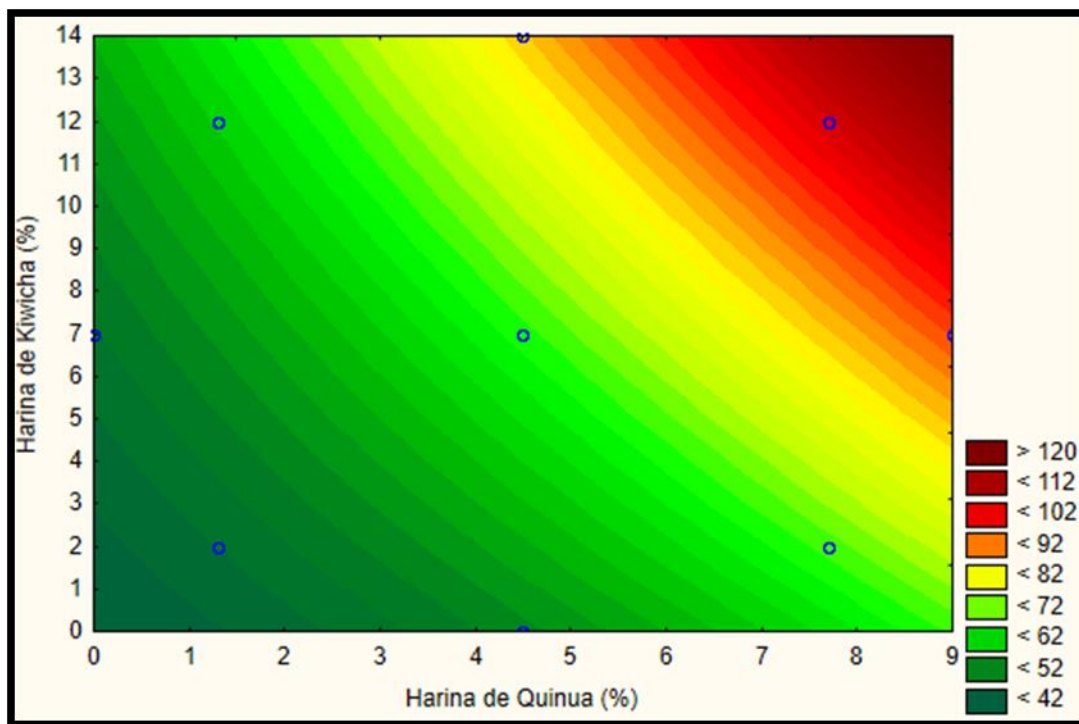


Figura 42. Gráfico de contorno para la textura de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.8211$)

4.3.3.3. Colorimetría:

4.3.3.3.1. Colorimetría de la miga del pan de molde:

❖ Luminosidad (L*)

Tabla 43. Valores de Luminosidad de la miga de los panes

Formulación	Harina de Quinua	Harina de Kiwicha	Harina de Quinua (%)	Harina de Kiwicha (%)	Lumin. de miga
1	-1	-1	1.3	2	81.36
2	+1	-1	7.7	2	73.94
3	-1	+1	1.3	12	68.55
4	+1	+1	7.7	12	68.33
5	- 1.41	0	0	7	70.45
6	+ 1.41	0	9	7	68.51
7	0	- 1.41	4.5	0	81.55
8	0	+ 1.41	4.5	14	68.62
9	0	0	4.5	7	66.34
10	0	0	4.5	7	70.48
11	0	0	4.5	7	69.45
PATRÓN	-	-	-	-	88.02

La tabla 43 muestra la formulación 7 (4.5% de harina de quinua y 0% de harina de kiwicha) como la que tiene mayor valor de luminosidad (L*) el cual le da al pan de molde un color más claro. Los tratamientos centrales (T9, T10 y T11) presentaron diferencias mínimas en las repuestas, lo que indica la buena repetitividad de proceso. En la coordenada a*, que indica la variación de verde (-a*) a rojo (+a*) hubo mayor tendencia al rojo, aunque los tratamientos 1, 5 y 7 mostraron una tendencia a verde, ya que los valores fueron negativos.

Tabla 44: Coeficientes de regresión para el análisis Luminosidad de la miga de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	88.340	2.4524	36.022	0.0000
X₁ (L)	-1.674	0.7242	-2.312	0.0688
X₁ (Q)	0.053	0.0672	0.792	0.4642
X₂ (L)	-3.338	0.4650	-7.178	0.0008
X₂ (Q)	0.136	0.0277	4.918	0.0044
X₁ X₂	0.112	0.0508	2.217	0.0775

Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

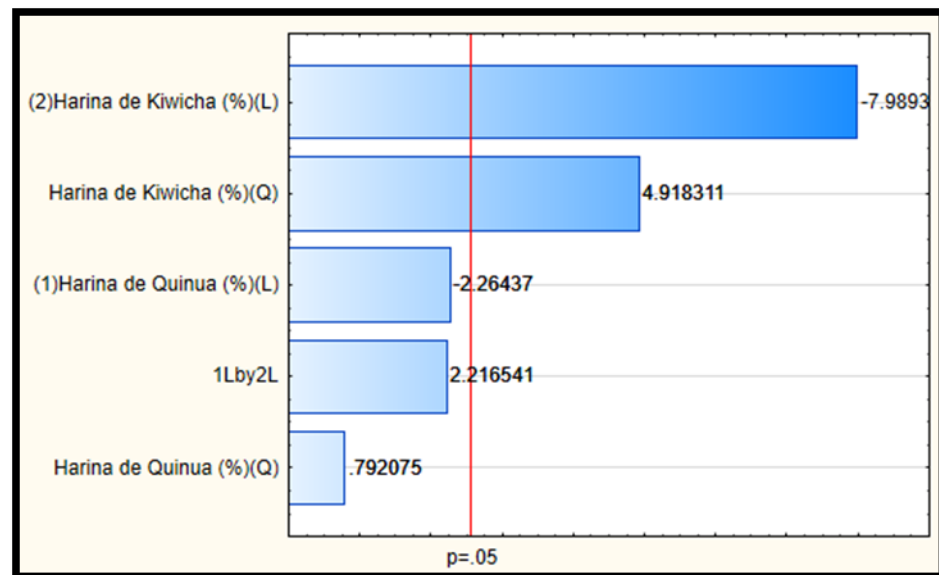


Figura 43. Probabilidad de significancia para luminosidad de miga. ($R^2=0.952$)

En la figura 43, se observa el término lineal y cuadrático de la harina de kiwicha como significativo ($p < 0.05$)

Tabla 45. Análisis de varianza para luminosidad de miga ($R^2=0.952$)

	SS	Df	MS	F	P
X₁ (L)	13.525	1	13.525	5.127	0.073
X₁ (Q)	1.655	1	1.655	0.627	0.464
X₂ (L)	168.373	1	168.373	63.829	0.000
X₂ (Q)	63.810	1	63.810	24.190	0.004
X₁ X₂	12.960	1	12.960	4.913	0.077
Error	13.189	5	2.638		
Total SS	272.957	10			

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 45, se observa que el modelo que describe la respuesta de la luminosidad de miga en función de las variables independientes en estudio, fue estadísticamente significativo puesto que el R^2 fue 95.2%

$$\text{Lumin. miga} = 88.34 - 1.674X_1 - 0.053X_1^2 - 3.338X_2 + 0.136X_2^2 + 0.112X_1X_2 \dots \text{ (9)}$$

Donde:

X₁ = Harina de quinua tostada (%)

X₂ = Harina de kiwicha (%)

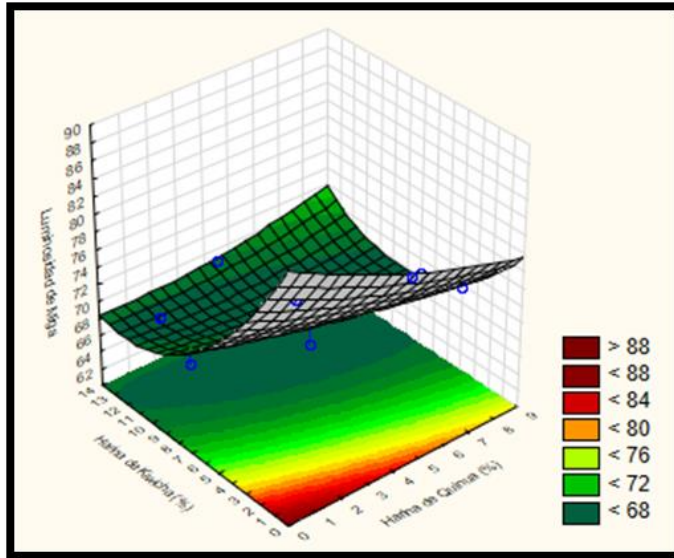


Figura 44. Superficies de respuesta para la luminosidad de miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.952$)

Al analizar la superficie de respuesta y el gráfico de contorno para luminosidad de miga en las figuras 44 y 45 respectivamente, vemos que la luminosidad de la miga es más clara en las zonas en donde las formulaciones de sustitución parcial de harina de quinua de 0 a 2.5% y harina de kiwicha de 0 a 1.5%; en comparación al pan de molde patrón se evidenció una coloración más clara, con 88.02.

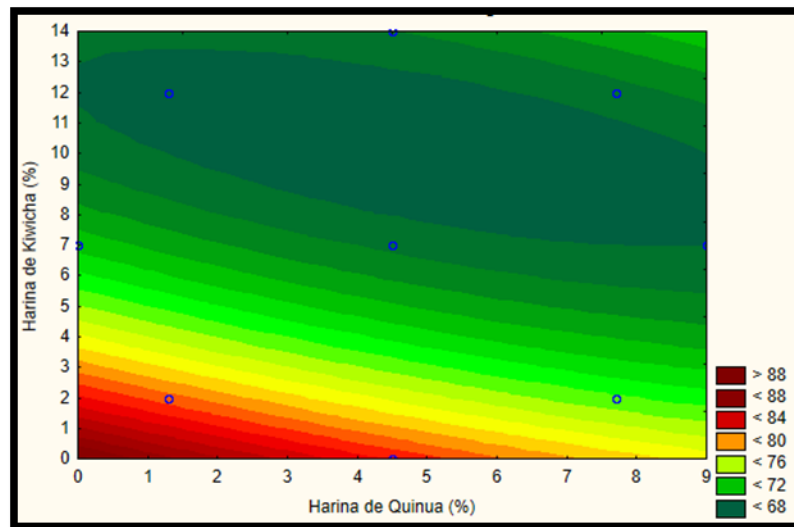


Figura 45. Gráfico de contorno para la lumin. de miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.952$)

❖ Cromaticidad (C*)

Tabla 46: Valores de Cromaticidad de miga de los panes de molde

Formulación	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Quinoa (%)	Harina de Kiwicha (%)	Cromaticidad de miga
1	-1	-1	1.3	2	19.16
2	+1	-1	7.7	2	19.02
3	-1	+1	1.3	12	19.12
4	+1	+1	7.7	12	23.60
5	- 1.41	0	0	7	15.32
6	+ 1.41	0	9	7	19.02
7	0	- 1.41	4.5	0	21.14
8	0	+ 1.41	4.5	14	24.02
9	0	0	4.5	7	17.90
10	0	0	4.5	7	18.10
11	0	0	4.5	7	18.74
PATRÓN	-	-	-	-	20.12

En la tabla 46, el parámetro C* en el color de la miga del pan de molde indica su cromaticidad. En los panes con sustitución parcial de harina de quinua tostada y harina de kiwicha presentaron mayores valores de cromaticidad en comparación al pan de molde patrón.

A pesar de la preferencia del consumidor por los panes de molde con miga blanca, el color obtenido en las formulaciones es un indicador para los consumidores de un producto más saludable. (Minolta, 2006)

Tabla 47: Coeficientes de regresión para el análisis de cromaticidad en los panes de molde ($R^2=0.988$)

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	20.888	0.5676	36.80	0.0000
X₁ (L)	0.278	0.1676	1.66	0.1581
X₁ (Q)	-0.045	0.0156	-2.92	0.0331
X₂ (L)	-1.392	0.1076	-12.93	0.0000
X₂ (Q)	0.092	0.0064	14.29	0.0000
X₁ X₂	0.072	0.0117	6.14	0.0017

*Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

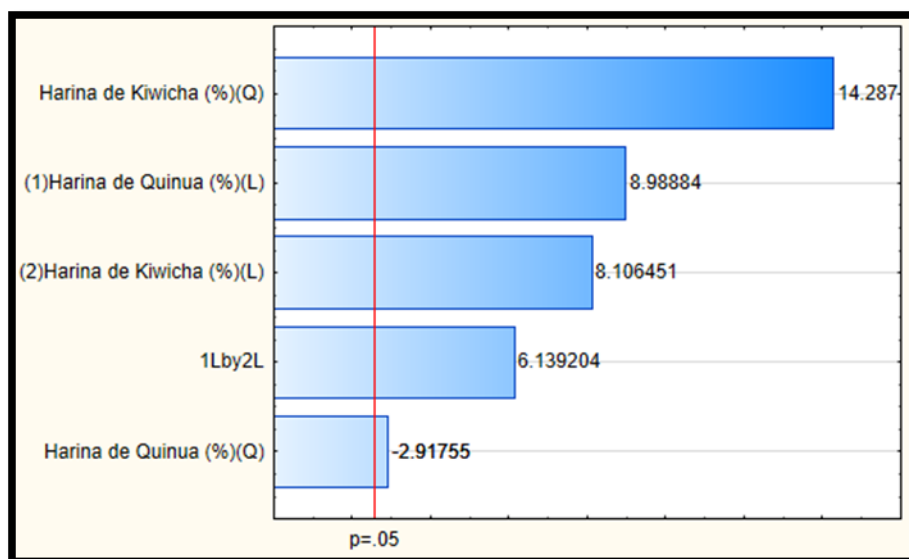


Figura 46. Probabilidad de significancia para la cromaticidad de miga en los panes de molde. ($R^2=0.988$)

Determinamos que el término cuadrático de la harina de kiwicha y la harina de quinua tostada, así como el término lineal de la harina de quinua tostada y la harina de kiwicha y la interacción de ambas harinas son significativos.

**Tabla 48: Análisis de varianza para cromaticidad de miga de panes
(R²=0.9881)**

	SS	1	MS	F	p
X₁ (L)	11.416	1	11.416	80.80	0.0003
X₁ (Q)	1.203	1	1.203	8.51	0.0331
X₂ (L)	9.285	1	9.285	65.71	0.0005
X₂ (Q)	28.839	1	28.839	204.12	0.0000
X₁ X₂	5.325	1	5.325	37.69	0.0017
Error	0.706	5	0.141		
Total SS	63.146	10			

El valor de coeficiente de determinación (R²), para el delineamiento experimental completo de la variable de estudio fue de 98%. Lo que permite graficar la superficie de respuesta y plasmar el modelo matemático de la siguiente forma:

$$\text{Crom. de miga} = 20.881 + 0.027X_1 - 0.0453X_1^2 - 1.3915X_2 + 0.092X_2^2 + 0.072X_1X_2 \dots (10)$$

Donde:

X₁ = Harina de quinua tostada (%)

X₂ = Harina de kiwicha (%)

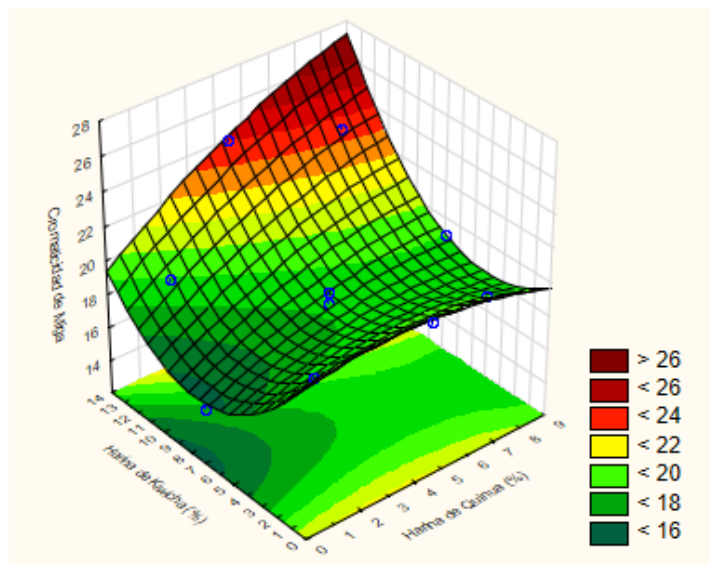


Figura 47. Superficies de respuesta para cromaticidad de miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.9881$)

Al analizar la superficie de respuesta y el gráfico de contorno para cromaticidad de miga en las figuras 47 y 48 observamos que los panes de molde con sustitución parcial de harina de quinua y harina de kiwicha mostraron altos valores de saturación de cromaticidad cuando los niveles fueron de 5.5 a 9% y de 13 a 14% respectivamente, elaborándose panes más oscuros.

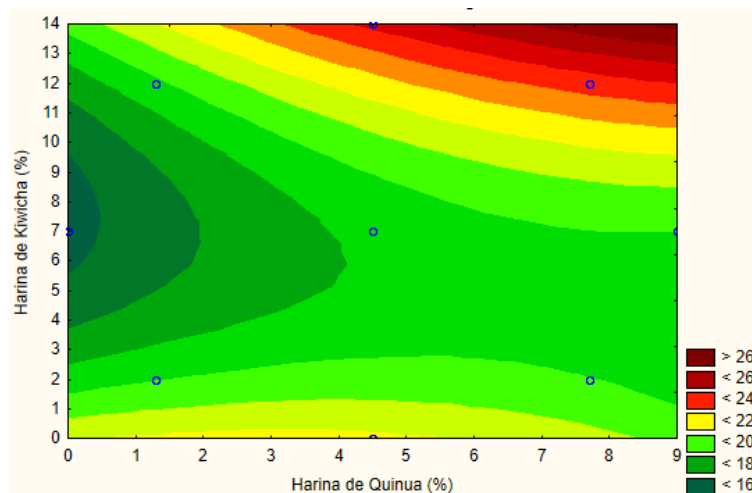


Figura 48. Gráfico de contorno para la cromaticidad de los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.9881$)

❖ Tonalidad (H*) :

Tabla 49. Valores de tonalidad de miga de los panes de molde

Formulación	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Quinoa (%)	Harina de Kiwicha (%)	Tonalidad de miga
1	-1	-1	1.3	2	82.49
2	+1	-1	7.7	2	89.45
3	-1	+1	1.3	12	88.89
4	+1	+1	7.7	12	89.24
5	- 1.41	0	0	7	87.89
6	+ 1.41	0	9	7	89.45
7	0	- 1.41	4.5	0	84.34
8	0	+ 1.41	4.5	14	85.37
9	0	0	4.5	7	89.61
10	0	0	4.5	7	89.24
11	0	0	4.5	7	89.48
PATRÓN	-	-	-	-	74.99

El parámetro h de la lectura de color, indica el ángulo de inclinación estuvieron en un rango de color equivalente al color amarillo, próximos a 90°. Mientras que los tratamientos 1, 5 y 7 mostraron una inclinación al verde, ya que resultaron valores negativos. En general el color de la miga está relacionado con el color de las harinas.

Las formulaciones centrales (9, 10 y 11) mostraron valores próximos, demostrando la repetitividad del proceso.

Tabla 50: Coeficientes de regresión para la tonalidad de la miga de los panes de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	78.616	1.8281	43.004	0.0000
X₁ (L)	1.256	0.5399	2.327	0.0675
X₁ (Q)	-0.018	0.0501	-0.356	0.7364
X₂ (L)	1.851	0.3466	5.340	0.0031
X₂ (Q)	-0.085	0.0207	-4.123	0.0091
X₁ X₂	-0.103	0.0378	-2.729	0.0413

*

Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

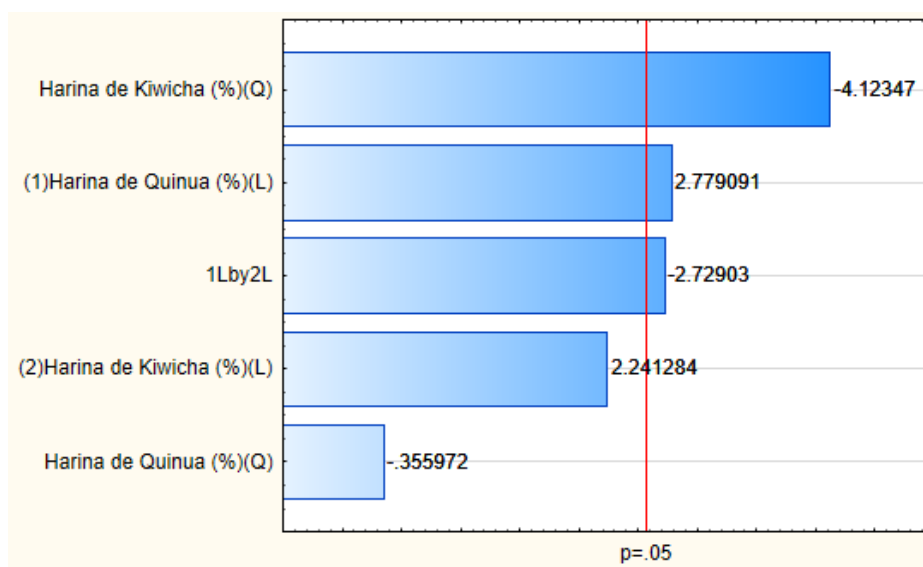


Figura 49. Probabilidad de significancia para la tonalidad de la miga de los panes de molde. (R²=0.88)

Los valores de los términos cuadráticos de la harina de kiwicha, el término lineal de la harina de quinua y la interacción de ambas harinas son significativos (p<0.05).

Tabla 51: Análisis de varianza para la tonalidad de la miga de pan ($R^2=0.88$)

	SS	1	MS	F	P
X₁ (L)	11.321	1	11.321	7.723	0.0389
X₁ (Q)	0.186	1	0.186	0.127	0.7364
X₂ (L)	7.363	1	7.363	5.023	0.0751
X₂ (Q)	24.923	1	24.923	17.003	0.0091
X₁X₂	10.917	1	10.917	7.448	0.0413
Error	7.329	5	1.466		
Total SS	62.943	10			

El valor de coeficiente de determinación (R^2), para el delineamiento experimental completo de la variable de estudio fue de 88%. Lo que nos permite graficar la superficie de respuesta y plasmar el modelo matemático de la siguiente forma:

$$\text{Tonalidad de miga} = 78.616 + 1.256X_1 - 0.018X_1^2 + 1.851X_2 - 0.085X_2^2 - 0.103X_1X_2 \dots \quad (11)$$

Donde:

X₁ = Harina de quinua tostada (%)

X₂ = Harina de kiwicha (%)

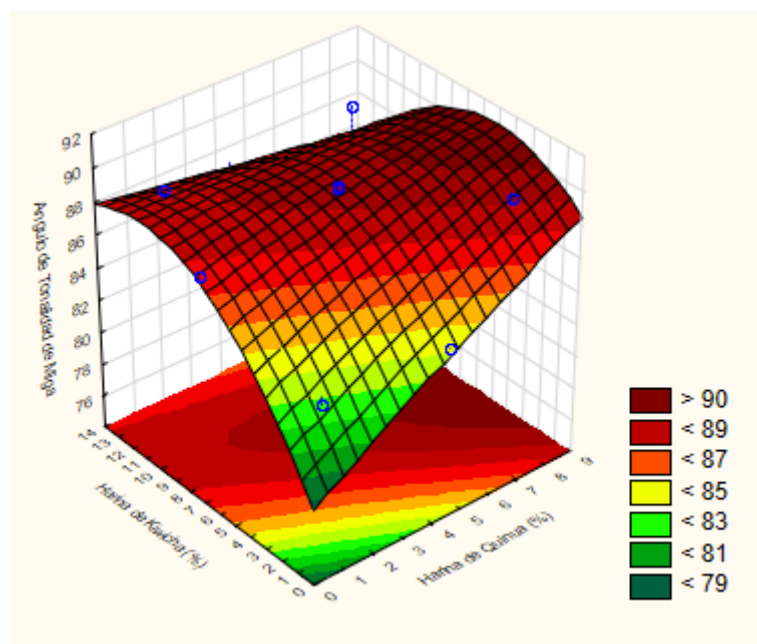


Figura 50. Superficies de respuesta para la tonalidad de la miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.889$)

El parámetro h, indica el ángulo de inclinación que comienza en el rojo y es expresado en grados: 0° rojo (a+), 90° amarillo (+b), 180° verde (-a), 270° azul (-b) (Minolta, 2006). Al analizar la superficie de respuesta y el gráfico de contorno para la tonalidad de miga de los panes de molde con sustitución parcial de harina de quinua tostada y harina de kiwicha en las figuras 50 y 51 respectivamente, se observa que a niveles de 6.5 a 9% de harina de quinua tostada y con niveles de 2 a 9% de harina de kiwicha, la tonalidad de los panes de molde presentarían un color amarillo (90°).

En la coordenada a*, que indica la variación de verde (-a*) a rojo (+a*), hubo una mayor tendencia al rojo, aunque los tratamientos 1, 5 y 7 mostraron una tendencia a verde ya que el valor fue negativo. Mientras que en la coordenada b*, los 11 tratamientos presentaron una tendencia al color amarillo.

Las 11 formulaciones presentan un promedio de 89.55 ± 2.43 de tonalidad, próximos a 90° equivalente a un color amarillo.

En general el color de la miga está relacionado con el color de las harinas ya que en el interior de la pieza no se superan los 100°C (Gómez et al., 2011).

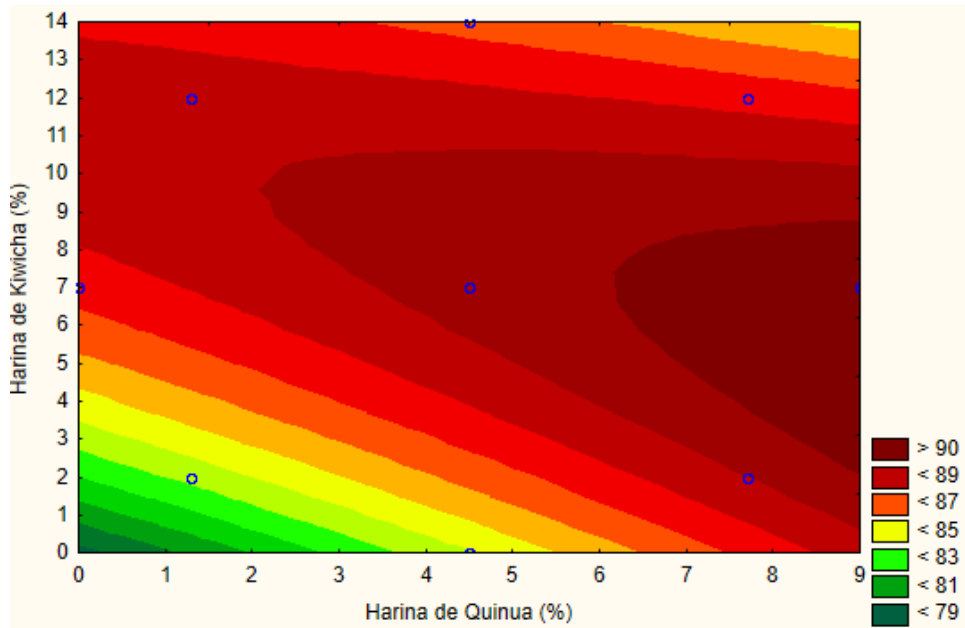


Figura 51. Gráfico de contorno para la tonalidad de la miga en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.88$)

4.3.3.3.2. Colorimetría de la corteza de pan de molde:

❖ Luminosidad (L*)

Tabla 52: Valores de luminosidad de corteza de pan de molde

Formulación	Harina de Quinua	Harina de Kiwicha	Harina de Quinua (%)	Harina de Kiwicha (%)	Luminosidad de corteza
1	-1	-1	1.3	2	65.36
2	+1	-1	7.7	2	49.71
3	-1	+1	1.3	12	61.57
4	+1	+1	7.7	12	60.17
5	- 1.41	0	0	7	61.35
6	+ 1.41	0	9	7	52.47
7	0	- 1.41	4.5	0	63.76
8	0	+ 1.41	4.5	14	62.25
9	0	0	4.5	7	61.43
10	0	0	4.5	7	57.22
11	0	0	4.5	7	58.86
PATRÓN	-	-	-	-	71.08

En la tabla 52, muestra la formulación 1 (1.3% de harina de quinua y 2% de harina de kiwicha) como la que tiene mayor valor de luminosidad (L*) el cual le da a la corteza del pan de molde un color más claro. Los tratamientos centrales (T9, T10 y T11) presentaron diferencias mínimas en las repuestas, lo que indica la buena repetitividad de proceso.

Tabla 53: Coeficientes de regresión para análisis de luminosidad de corteza de los panes de molde ($R^2=0.9002$)

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	71.383	3.1834	22.423	0.0000
X₁ (L)	-1.537	0.9401	-1.635	0.1629
X₁ (Q)	-0.131	0.0872	-1.504	0.1929
X₂ (L)	-1.868	0.6036	-3.095	0.0270
X₂ (Q)	0.070	0.0360	1.948	0.1089
X₁ X₂	0.223	0.0659	3.378	0.0197

*Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

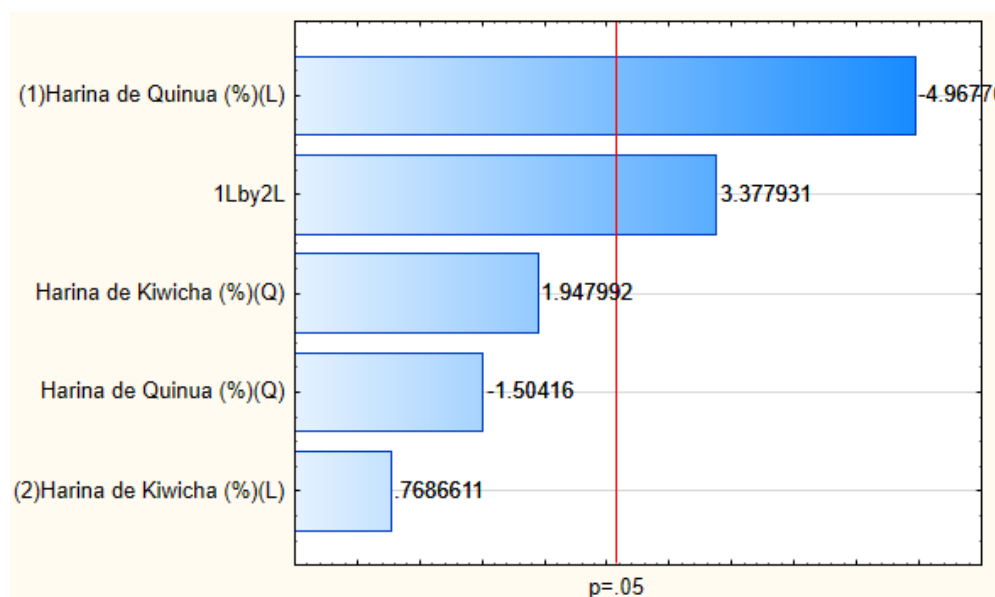


Figura 52. Probabilidad de significancia para la luminosidad de la corteza en los panes de molde ($R^2=0.9002$)

Observamos que los valores de los términos lineales de la harina de quinua tostada y la interacción de la harina de kiwicha con la harina de quinua tostada son significativos.

Tabla 54: Análisis de varianza para la luminosidad de corteza molde.
($R^2=0.9002$)

	SS	1	MS	F	P
X₁ (L)	109.694	1	109.694	24.6786	0.0042
X₁ (Q)	10.057	1	10.057	2.2625	0.1929
X₂ (L)	2.626	1	2.626	0.5908	0.4768
X₂ (Q)	16.867	1	16.867	3.7947	0.1089
X₁ X₂	50.718	1	50.718	11.4104	0.0197
Error	22.224	5	4.445		
Total SS	222.738	10			

El valor de coeficiente de determinación (R^2), para el delineamiento experimental completo de la variable de estudio fue de 99.02%. Lo que permite graficar la superficie de respuesta y plasmar el modelo matemático de la siguiente forma:

$$\text{Lumi. corteza} = 71.383 - 1.537X_1 - 0.131X_1^2 - 1.868X_2 - 0.070X_2^2 + 0.223X_1X_2 \dots (12)$$

Donde:

X₁ = Harina de quinua tostada (%)

X₂ = Harina de kiwicha (%)

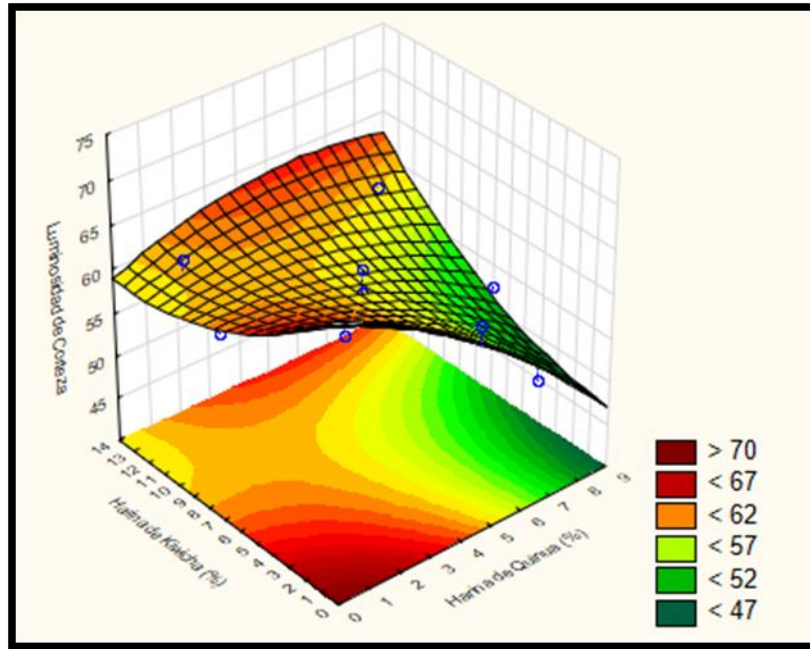


Figura 53. Superficies de respuesta para la luminosidad de la corteza en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) molde. ($R^2=0.9002$)

Al analizar la superficie de respuesta y el gráfico de contorno para luminosidad de corteza en las figuras 53 y 54 respectivamente, vemos que la luminosidad de la corteza es más clara en las zonas en donde las formulaciones de sustitución parcial de harina de quinua y de harina de kiwicha son menores; en comparación al pan de molde patrón se evidenció una coloración más oscura. En la coordenada a^* , que indica la variación de verde ($-a^*$) a rojo ($+a^*$), hubo una mayor tendencia al rojo, aunque el tratamiento 5 mostró una tendencia a verde ya que el valor fue negativo. Mientras que en la coordenada b^* , los 11 tratamientos presentaron una tendencia al color amarillo.

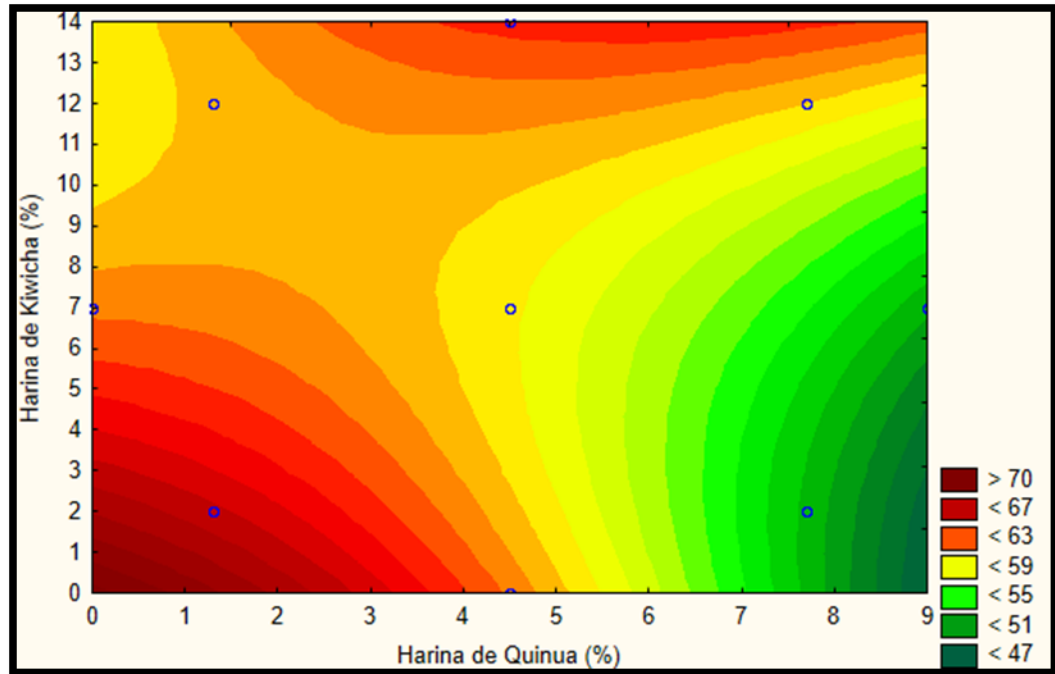


Figura 54. Gráfico de contorno para la luminosidad de corteza en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.9002$)

❖ Cromaticidad (C*)

Tabla 55: Valores de cromaticidad de corteza de pan de molde

Formulación	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Quinoa (%)	Harina de Kiwicha (%)	Crom. de corteza
1	-1	-1	1.3	2	41.46
2	+1	-1	7.7	2	36.65
3	-1	+1	1.3	12	38.99
4	+1	+1	7.7	12	40.95
5	- 1.41	0	0	7	38.59
6	+ 1.41	0	9	7	37.23
7	0	- 1.41	4.5	0	41.40
8	0	+ 1.41	4.5	14	37.96
9	0	0	4.5	7	38.52
10	0	0	4.5	7	37.37
11	0	0	4.5	7	38.92
PATRON					41.03

En la tabla 55, el parámetro C* en el color de la miga del pan de molde indica su cromaticidad. En los panes con sustitución parcial de harina de quinua tostada y harina de kiwicha presentaron mayores valores de cromaticidad.

A pesar de la preferencia del consumidor por los panes blancos de molde, el color obtenido en las formulaciones es un indicador para los consumidores de un producto más saludable. (Minolta, 2006)

Tabla 56: Análisis de varianza para cromaticidad de corteza ($R^2=0.71$)

	SS	1	MS	F	P
X_1 (L)	2.851	1	2.851	1.7806	0.2396
X_1 (Q)	0.000	1	0.000	0.0000	0.9987
X_2 (L)	1.126	1	1.126	0.7031	0.4400
X_2 (Q)	4.483	1	4.483	2.8000	0.1551
$X_1 X_2$	11.458	1	11.458	7.1559	0.0441
Error	8.006	5	1.601		
Total SS	28.329	10			

Como podemos observar el coeficiente de determinación del delineamiento experimental completo de la variable de estudio fue de 71%, lo que indica que no podemos representar la gráfica de superficie de respuesta ni la ecuación correspondiente al modelo matemático para la cromaticidad de la corteza de pan de molde, ya que el R^2 no es mayor al 75%.

Por tal motivo empleamos el método Tukey HSD (diferencia honestamente significativa), con un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 57. Tukey HSD para Cromaticidad de Corteza al 95%

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	2	36.3	X
6	2	37.09	XX
10	2	37.41	XXX
8	2	37.5	XXX
3	2	38.5	XXX
11	2	38.55	XXX
9	2	38.835	XXX
5	2	39.27	XXX
4	2	40.42	XXX
Patrón	2	40.94	XX
7	2	41.155	XX
1	2	41.43	X

Son 6 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, aclarando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

Tabla 58. Indicadores de Significanci

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1-10	*	4.02	2.07961	12-5		1.67	2.07961
1-11	*	2.88	2.07961	12-6	*	3.85	2.07961
1-12		0.49	2.07961	12-7		-0.215	2.07961
1-2	*	5.13	2.07961	12-8	*	3.44	2.07961
1-3	*	2.93	2.07961	12-9	*	2.105	2.07961
1-4		1.01	2.07961	2-3	*	-2.2	2.07961
1-5	*	2.16	2.07961	2-4	*	-4.12	2.07961
1-6	*	4.34	2.07961	2-5	*	-2.97	2.07961
1-7		0.275	2.07961	2-6		-0.79	2.07961
1-8	*	3.93	2.07961	2-7	*	-4.855	2.07961
1-9	*	2.595	2.07961	2-8		-1.2	2.07961
10-11		-1.14	2.07961	2-9	*	-2.535	2.07961
10-12	*	-3.53	2.07961	3-4		-1.92	2.07961
10-2		1.11	2.07961	3-5		-0.77	2.07961
10-3		-1.09	2.07961	3-6		1.41	2.07961
10-4	*	-3.01	2.07961	3-7	*	-2.655	2.07961
10-5		-1.86	2.07961	3-8		1.0	2.07961
10-6		0.32	2.07961	3-9		-0.335	2.07961
10-7	*	-3.745	2.07961	4-5		1.15	2.07961
10-8		-0.09	2.07961	4-6	*	3.33	2.07961
10-9		-1.425	2.07961	4-7		-0.735	2.07961
11-12	*	-2.39	2.07961	4-8	*	2.92	2.07961
11-2	*	2.25	2.07961	4-9		1.585	2.07961
11-3		0.05	2.07961	5-6	*	2.18	2.07961
11-4		-1.87	2.07961	5-7		-1.885	2.0961
11-5		-0.72	2.07961	5-8		1.77	2.07961
11-6		1.46	2.07961	5-9		0.435	2.07961
11-7	*	-2.605	2.07961	6-7	*	-4.065	2.07961
11-8		1.05	2.07961	6-8		-0.41	2.07961
11-9		-0.285	2.07961	6-9		-1.745	2.07961
12-2	*	4.64	2.07961	7-8	*	3.655	2.07961
12-3	*	2.44	2.07961	7-9	*	2.32	2.07961
12-4		0.52	2.07961	8-9		-1.335	2.07961

* Indica una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%.

Lo que buscamos es determinar que medias son diferentes de otras de manera significativa para lo cual en esta tabla mostramos la comparación múltiple, teniendo como resultado un total de treinta y un (31) pares estadísticamente significativos con un nivel del 95.0% de confianza.

❖ Tonalidad (H*)

Tabla 59: Valores de tonalidad de corteza de pan de molde

Formulación	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Quinoa (%)	Harina de Kiwicha (%)	Tonalidad de corteza
1	-1	-1	1.3	2	75.48
2	+1	-1	7.7	2	66.49
3	-1	+1	1.3	12	71.66
4	+1	+1	7.7	12	72.28
5	- 1.41	0	0	7	72.81
6	+ 1.41	0	9	7	66.65
7	0	- 1.41	4.5	0	74.45
8	0	+ 1.41	4.5	14	72.77
9	0	0	4.5	7	72.95
10	0	0	4.5	7	69.85
11	0	0	4.5	7	70.21
PATRÓN	-	-	-	-	77.15

El parámetro h estuvo en un rango del color rojo - amarillo, próximos a 90° con una inclinación al amarillo. Las formulaciones centrales (9, 10 y 11) presentaron valores cercanos demostrando la repetitividad del proceso.

Tabla 60: Coeficientes de regresión para tonalidad de corteza
($R^2=0.9018$)

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	79.934	1.9339	41.334	0.0000
* X₁ (L)	-1.106	0.5711	-1.937	0.1105
X₁ (Q)	-0.068	0.0530	-1.288	0.2542
X₂ (L)	-1.400	0.3667	-3.818	0.0124
X₂ (Q)	0.051	0.0219	2.334	0.0669
X₁ X₂	0.150	0.0400	3.752	0.0133

*Valores p al 5%, X₁=h. de quinua tostada, X₂=h. kiwicha sin tostar

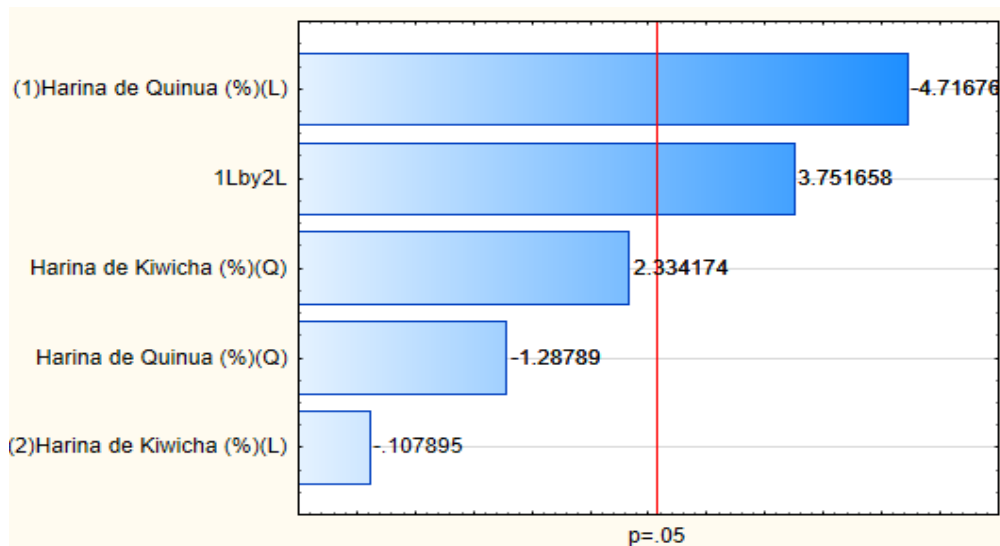


Figura 55. Probabilidad de significancia para la tonalidad de la corteza. ($R^2=0.9018$)

Determinamos que el término lineal de la harina de quinua tostada y la interacción de la harina de kiwicha y harina de quinua tostada son significativos.

Tabla 61. Análisis de varianza para tonalidad de corteza

	SS	1	MS	F	P
X₁ (L)	36.493	1	36.493	22.248	0.0053
X₁ (Q)	2.721	1	2.721	1.659	0.2542
X₂ (L)	0.019	1	0.019	0.012	0.9183
X₂ (Q)	8.937	1	8.937	5.448	0.0669
X₁ X₂	23.087	1	23.087	14.075	0.0133
Error	8.201	5	1.640		
Total SS	83.584	10			

El valor de coeficiente de determinación (R^2), para el delineamiento experimental completo de la variable de estudio fue de 90.18%. Lo que permite graficar la superficie de respuesta y plasmar el modelo matemático de la siguiente forma:

$$\text{Tonalidad de corteza} = 79.934 - 1.106x - 0.068x^2 - 1.4y + 0.051y^2 - 0.150xy \dots \quad (14)$$

Donde:

X₁ = H. de quinua tostada (%)

X₂ = Harina kiwicha (%)

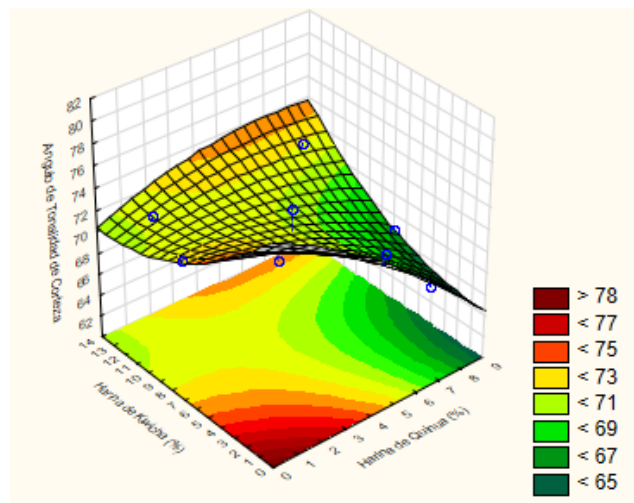


Figura 56. Superficies de respuesta para la tonalidad de la corteza en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.9018$)

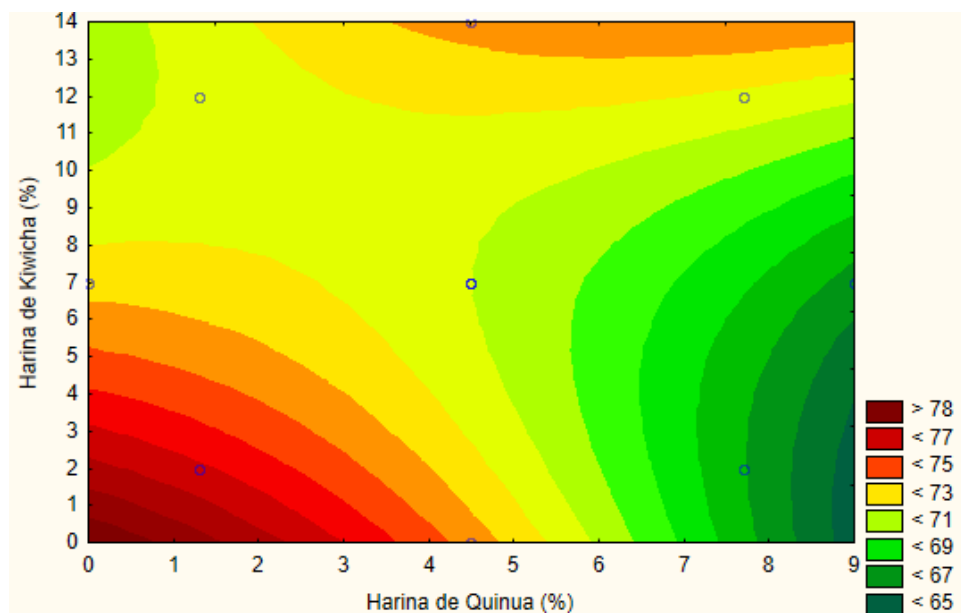


Figura 57. Gráfico de contorno para la tonalidad de corteza en los panes de molde, en función de: contenido de harina de quinua tostada (%) y harina de kiwicha (%) ($R^2=0.9018$)

Al analizar la superficie de respuesta y el gráfico de contorno para la tonalidad de corteza de los panes de molde con sustitución parcial de harina de quinua y harina de kiwicha en las figuras 59 y 60 respectivamente, se observa que a niveles de 0 a 1.5% de harina de quinua y kiwicha, o de 7 a 9% de harina de quinua y de 12.5 a 14% de harina de kiwicha, la tonalidad es de un color amarillo (90°).

Los 11 tratamientos presentaron una tendencia al color amarillo. Las 11 formulaciones presentan un promedio de 71.28 ± 2.93 de tonalidad, próximos a 90° equivalente a un color amarillo.

4.4. OPTIMIZACIÓN:

Según el análisis de % proteínas, lisina, volumen específico, textura instrumental, colorimetría de miga (luminosidad, cromaticidad y tonalidad) y color de la corteza del pan de molde (luminosidad, cromaticidad y tonalidad), podemos decir que mientras mayor sea el porcentaje HQT y HK se obtendrá un mayor porcentaje de lisina y proteínas; y cuando menor es la sustitución, los valores de dureza disminuyen y los valores del volumen específico aumentan.

Para encontrar la formulación óptima en relación a los 11 tratamientos del DCCR, con los valores adecuados de volumen específico, textura y % del aminoácido lisina, recurrimos al programa Statistic 10.0, en donde se procedió a determinar dicha formulación usando valores óptimos, ya que así obtendríamos un pan de molde con un volumen específico y textura adecuados en comparación a la formulación patrón, manteniendo el nivel de lisina y proteínas.

Tabla 62. Mezcla óptima

Componentes	%
Harina de trigo	88.5
Harina de kiwicha	7
Harina de quinua	4.5

4.4.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN DE MOLDE ÓPTIMO:

Dicha evaluación afectiva se aplicó a 30 panelistas semi - entrenados, mediante una encuesta de preguntas estructuradas teniendo en cuenta una escala hedónica de 9 puntos, evaluando los atributos de color, olor, sabor y textura.

Tabla 63. Evaluación sensorial de sabor, aroma, color y textura para el pan de molde óptimo y el pan de molde control.

FORMULACIÓN	COLOR	AROMA	SABOR	TEXTURA
F. óptima	7.13 ± 0.99	7.17 ± 0.90	7.27 ± 0.89	7.27 ± 0.89
F. control	7.90 ± 0.65	7.87 ± 0.85	7.50 ± 1.12	7.87 ± 1.20

* Media de 30 panelistas no entrenados ± SD

Los resultados del análisis sensorial en donde podemos observar que el promedio de aceptabilidad para el sabor, al 95% de confianza, es significativo entre la formulación óptima y la formulación control, así como los atributos de color aroma y textura.

Los panelistas notaron significativamente la diferencia color del pan óptimo en tonos ligeramente más oscuros respecto al pan de molde control que presentó una miga blanca-crema y marrón claro en la corteza, esto en función de la tasa de extracción de la harina de trigo (Kihlberg et al., 2004). Los panelistas mostraron su aceptación al pan de molde óptimo con un puntaje de 7.13 ± 0.99 siendo cercano a la formulación sin sustitución constando que existe diferencia significativa.

En cuanto al aroma en donde predomina el olor de la kiwicha y en menor concentración el de la quinua, con efecto positivo para los panelistas otorgándole un puntaje de 7.17 ± 0.90 respecto al 7.90 ± 0.65 en la escala hedónica del blanco. La textura del pan de molde óptimo, tienen un buen promedio de aceptabilidad respecto al pan de molde control.

De manera general, el promedio de aceptabilidad para el pan de molde óptimo fue de 7.2 mientras que para el pan de molde patrón fue de 7.8, observándose la gran aceptación de pan de molde elaborado con la formulación óptima.

4.4.2. CARACTERIZACION QUIMICO PROXIMAL DEL PAN DE MOLDE ÓPTIMO

Tabla 64. Variables evaluadas en el pan de molde control y el pan de molde óptimo.

COMPONENTES	PAN DE MOLDE CONTROL	PAN DE MOLDE ÓPTIMO
Humedad (%)	30.37	30.91
Cenizas (%)	1.99	2.07
Proteínas (%)	7.17	9.76
Grasas (%)	3.67	8.93
Carbohidratos (%)	55.20	49.25
Lisina (%)	68.9	77.4
Volumen específico (%)	5.20	4.55
Textura (mJ)	33.21	67.765

La humedad es un factor propicio para aceleración de las reacciones químicas y enzimáticas (Gutkoski, 2002), de tal forma que al ser altos, hablamos de panes pegajosos. (Esteller y Lannes, 2005).

RM N° 1020.2010/MINSA, determina que el LMP para panificación netamente proveniente de harinas a base de trigo es de 40% y no debe perder menos del 9% aduciendo que se trataría de un exceso de cocción.

La incorporación de harina de quinua tostada y harina de kiwicha ocasiona un incremento en los niveles de humedad, con una variación de 30.72 ± 1.32 ; éste, se asocia al contenido de fibra (Aguilar, 2012), además este incremento se debe al tamaño de partícula, ya que teóricamente a menor tamaño de partícula la facilidad de hidratación aumenta, por la superficie de contacto que se tiene como en el caso del uso de harinas en la panificación.

Según MINSA (2017), menciona que para un pan blanco de molde se debería encontrar 6.8%.de proteínas, sin embargo en nuestro patrón trabajamos con 7.17% mientras que nuestro pan óptimo alcanzó un porcentaje de 9.76.

MINSA (2017) menciona que en un pan blanco de molde debemos encontrar 3.00% de grasas, sin embargo el porcentaje de grasas en el pan de molde óptimo fue mayor al del control debido a los porcentajes de sustitución de las harinas de quinua tostada y kiwicha, con 8.93%.

Según Silveira y Salas-Mellado (2013), los valores más bajos de volumen específico, se debe a su pobre calidad en la panificación y a un alto contenido en fibra, lo que impide la expansión de la red de gluten, otorgando dureza a la masa, por lo tanto quitándoles elasticidad, haciéndola viscosa e impidiendo que se forme una adecuada retención de gluten que pueda atrapar el CO₂ fermentado, permitiendo así, que el pan de molde colapse en sus estructuras volumétricas.

Un pan con buena frescura, está relacionado con altos valor de elasticidad, a diferencia de uno de bajo nivel, el cual provocará que el pan se desmorone ante el corte. Sin embargo, un pan con bajos valores de elasticidad tiende a desmigajarse cuando se le rebana (Mc Carty, Gallagher, Gormeley, Schober, & Arent 2005).

V. CONCLUSIONES:

- 5.1.** Gracias a las concentraciones utilizadas en harina de quinua tostada (0-9%) y harina de kiwicha (0-14%), a pesar de ser materias primas que afectan las características y propiedades del pan de molde tradicional, conseguimos con sumo cuidado en cada etapa de la panificación desde el pesaje hasta el envasado, altos contenidos proteicos, agradables puntos sensoriales, buena aceptación y un volumen adecuado en comparación a otros trabajos de investigación en las que el volumen fue bajo.
- 5.2.** La composición proximal en las harinas de quinua trigo, harina de kiwicha y harina de quinua tostada, dio como resultado, en harina de trigo: 12.56% de humedad, 10.52% de proteína, 0.52% de cenizas, 1.16% de grasas y 75.23% de carbohidratos; para la harina de kiwicha, 10.85% de humedad, 12.61% de proteína, 2.29% de cenizas, 4.09% de grasas y 70.15% de carbohidratos y para la harina de quinua tostada, 8.51% de humedad, 13.95% de proteína, 2.39% de cenizas, 5.41% de grasas y 69.73% de carbohidratos.
- 5.3.** La composición química proximal del pan de molde óptimo fue: 30.91% de humedad, 9.76% de proteínas, 8.93% de grasas, y 49.25% de carbohidratos, mientras que la composición química proximal del pan de molde control fue 30.37% de humedad, 1.99% de cenizas, 7.17% de proteínas, 3.67% de grasas y 55.20% de hidratos de carbono.
- 5.4.** Determinamos el score químico de las formulaciones en donde encontramos a la lisina como limitante en HT, por eso realizamos las sustituciones con HQT y HK ante lo cual llegamos a la conclusión de que las propiedades de estas harinas son tan beneficiosas al analizar cada tratamiento, los valores superaban el 100%.
- 5.5.** La formulación óptima fue 4.5% de HQT y 7% de HK, siendo esta la mejor formulación del DCCR 2² al obtener un score químico de lisina de 77.4% y mayor al 100% para los demás aminoácidos esenciales; un volumen específico de 4.55% cercano al 5.20% del pan de molde control, 67.765 mJ de textura frente a un 33.21 mJ del pan de molde control. La formulación óptima goza de buena aceptación, con una puntuación de 7.13 en color, 7.17 en aroma, 7.27 en sabor y 7.27 en textura, frente a un 7.90 en color, 7.87 en aroma, 7.50 en sabor y 7.87 en textura perteneciente al pan de molde control, para una evaluación sensorial de 9 puntos.

VI. RECOMENDACIONES:

- 6.1.** Determinar una comparación reológica entre las harinas de quinua sin tostar y harina de quinua tostada, así como la composición aminoácidos ambas modalidades de harina.
- 6.2.** Realizar un análisis de cromatografía de gases para determinar el contenido ácidos grasos, aminoácidos, principalmente de omegas tanto en las harinas de quinua tostada y kiwicha como en los panes de molde enriquecidos con estas harinas, con la finalidad de adquirir mayor conocimiento nutricional.
- 6.3.** Evaluar con frecuencia los insumos que estamos usando en la elaboración de alimentos a manera de asegurar las condiciones óptimas del proceso y evitar márgenes de errores en el análisis de respuestas.
- 6.4.** Mantener actualizado el plan de control de calidad, el cual debe ir adaptándose a los cambios y modificaciones que pueda sucederse en planta.
- 6.5.** Elaborar un plan de manejo de residuos sólidos, así como el mantenimiento continuo del horno y demás equipos de la Planta Piloto.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- ◆ A.A.C.C AMERICAN ASOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. (2000) Approved Methods, 10th Edition. USA.
- ◆ A.O.A.C (2002). Official Methods of Analysis of AOAC International 17th Edition, Current Through Revision # 1 AOAC INTERNATIONAL. Arlington
- ◆ Agroindustrial DANPER (2015). La quinua, alimento con gran valor nutricional. Recuperado de: <http://www.danper.com/blog/la-quinua-alimento-gran-valor-nutricional/>
- ◆ Altenbach, S. B.; DuPont, F. M.; Kothari, K. M.; Chan, R.; Johnson, E. L. y Lieu, D. (2003). Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in US Spring Wheat. *Journal of Cereal Science*. 37, 9 – 20.
- ◆ Arroyave Sierra, Lina María y Esguerra Romero, Carolina (2006). Utilización de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en el proceso de panificación. Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero de Alimentos. Universidad De La Salle, Facultad de Ingeniero de Alimentos, Bogotá, Colombia.
- ◆ Ayala F. y Javier F. (2013) Desarrollo de estrategias de posicionamiento. Caso: Producto Quinua. *Revista Perspectivas*. (Nº 32 – octubre 2013). pp 39-56. Universidad Católica Boliviana “San Pablo”. Unidad Académica Regional Cochabamba. Bolivia.
- ◆ Aykrod, W. y Doughty, Joyce (2007). El trigo en la alimentación humana. FAO-Roma, ISBN 92-5-300437.
- ◆ Badui, S. (2013). *Química de los alimentos* 5ª ed. México: Person
- ◆ Baik, M. y Chinachoti, P. 2000, Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. *Cereal Chem*. 4: 484 USA.
- ◆ Belderok, B. (2009). The wheat grain. *Plant Foods for human nutr*. 55: 15 – 20, USA.
- ◆ Bilbao, C. (2007). *Revista Panera: Forma e Informa*. Año 1. Nº 5. Lima - Perú. Pág. 24 - 26.
- ◆ Belton, O. (2005). New approaches to study the molecular basics of the mechanical properties of gluten. *J Cereal Sci* 41: 203 – 211.

- ◆ Borén, M.; Glaring, M., Ghebremedhin, H.; Olsson, H.; Blennow, A.; y Jansson, C. (2008). Molecular and physicochemical characterization of the highamylose barley mutant Amo1. *Journal of Cereal Science*, 47(1): 79-89
- ◆ Borges, J.; Ascheri, J.; Ascheri, D.; Nascimento, R.; Freitas, A. (2003). Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão préG. Rodríguez et al. / *Scientia Agropecuaria* 9(2) 199 – 208 (2018) -207- cozido à base de farinha integral de quinua (*Chenopodium quinua*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. *Boletim CEPPA* 21: 303-322.
- ◆ Brabender. (2018). Farinógrafo – TS Ensayo de calidad de la harina fácil de ejecutar y estandarizado en todo el mundo. Alemania
- ◆ Brabender. (2013). Amilógrafo – E, Alemania
- ◆ Brabender. (2011). Manual de Instrucciones FARINOGRAPH – AT. Alemania.
- ◆ Bravo Rebalta F., Espinoza Barrientos C. (2009). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos” Centro Nacional de Alimentación y Nutrición del Instituto Nacional del Salud - Ministerio de Salud. Lima-Perú.
- ◆ Cabezón Gutiérrez Saúl, (2014). Control de Calidad en la Producción Industrial. Grado en Ingeniería de Organización Industrial. Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales.
- ◆ Cajas Locke Jennifer; Ana Loubes María^{1,2} y Tolaba Marcela² (2015). Efecto de la granulometría de la harina de arroz en el volumen y alveolado del pan de molde libre de gluten. ¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina. ²Departamento de Industrias - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- ◆ Calaveras J. (2004). Nuevo Tratado de panificación y bollería, 2da edición España, AMW –ediciones y Editorial Mundi Prensa Libros.
- ◆ Callejo, M. J. (2002). Industrias de Cereales y Derivados. Ed. AMV-Mundi-Prensa, Madrid. Pp. 24-35; 62-67; 90-101; 191-208; 22-232.
- ◆ Carreira, Inés. (12 de diciembre, 2016). Todo lo que debes saber sobre las harinas. Simbiosis, S. Coop. Galega. Recuperado de <http://www.cooperativasimbiosis.com/tag/trigo/c>

- ◆ Castañeda Garza, Esperanza (2000). Utilización de jicama (*Pachyrhizus L. Urban*) en la elaboración de pan blanco para favorecer su calidad nutricia. Tesis presentada como requisito para obtener el Grado Académico de Maestría en Ciencias Especialidad en Alimentos. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas División de Estudios de Postgrado. Monterrey, México.
- ◆ Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN), Ministerio De Salud. (2016). Disposición, Acceso y Consumo de Harina de Trigo y sus derivados en el Perú, años 2015. Lima – Perú, 2016
- ◆ Cepeda Ricardo y Corchuelo Germán. (2001). Tecnología de Cereales y Oleaginosas, 1^{era}ed., editorial Unisur, Bogotá, Colombia.
- ◆ Carpenter Roland y Lyon David. (2002). Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de los alimentos, 2^a ed, editorial Acribia, Zaragoza España, pag: 33-119.
- ◆ Córdova Haro Andrea, Luna Rodríguez Javier, Ronquillo Alarcón Angélica (2010). Producción y comercialización de pan de harina de papa en la ciudad de Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral Facultad de Economía y Negocios. Guayaquil – Ecuador.
- ◆ Chipana, M. y Stuva, C. (2005). Kiwicha, producto de exportación en el Perú. Artículo Ministerio de la Producción. Lima.
- ◆ De La Cal Nuñez, Eva (2017). Estudio de adecuación de almidones de trigo en la elaboración de panes sin gluten. Trabajo final de Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos. E. T. S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia), Universidad de Valladolid, España.
- ◆ De La Vega Ruiz G. (2009). Proteínas de la Harina de Trigo: clasificación y propiedades funcionales. Investigación realizada en la Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.
- ◆ FAO (2000). Informe de la 22^o Conferencia Regional de la FAO para Europa, realizado en Oporto, Portugal del 24 al 28 de julio del 2000. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma – Italia.
- ◆ FAO (2001). Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), Ancestral cultivo andino, Alimento del Presente y Futuro. Editores: Angel Mujica S., Sven-Erik Jacobsen, Juan Izquierdo, Jean Pierre Marathee. Santiago, Chile.

- ◆ FAO (2002). Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. N° 29 ONU. Roma.
- ◆ Flecha Manuel (2015). Procesos y Técnicas de Panificación. Recuperado de: http://www.southamericanuniversity.org/bachivirtual/textosnuevos/textoselectivas/procesos_tecnicas_panificacion.pdf
- ◆ Fundación NEXUS, (2012). Gelatinización de Almidones y alternativas de medición. Trabajo de investigación. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: <http://www.nexus.org.ar/>
- ◆ García García Diana (2011). Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*). Trabajo para optar el título de Especialista en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Colombia.
- ◆ Hernández Alarcón Elizabeth, (2005). Evaluación Sensorial. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro Nacional de Medios para el aprendizaje. Bogotá – Colombia.
- ◆ Herrera, S. y Montenegro, A.. (2012). El Amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida. Universidad de Especialidades Turísticas. Quito, Ecuador.
- ◆ Higinio, R. (2011). Elaboración de una mezcla instantánea de arroz (*Oryza sativa*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) por el método de cocción extrusión- proyecto de investigación. Universidad Nacional del Callao, Lima- Perú.
- ◆ Kamal, A. H. M.; Kim, K. H.; Shin, D. H.; Seo, H S.; Shin, K. H.; Park, C. S.; Heo, H. Y. y Woo, S. H. (2009). Proteomins profile of pre-harvest sprouting wheat by using MALDI – TOF Mass Spectrometry. Plant Omics Journal, 2, 110 – 119.
- ◆ La República, “Un hogar peruano compra pan envasado 8 veces al año”. La República, 12 de mayo del 2015, 23:30 h., Lima- Perú.
- ◆ Lazarte, P. J. (2006). Diseño de un sistema de monitoreo a distancia basado en tecnología web para el proceso de tostado de granos de Kiwicha, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú.
- ◆ Liria Domínguez, María Reyna. (2007). Guía para la evaluación Sensorial de Alimentos, Instituto de Investigación Nutricional – IIN, Lima – Perú

- ◆ Loubes, María Ana; Cajas Locke, Jennifer; Tolaba, Marcela. (2017). Efecto de la granulometría de la harina de arroz en el volumen y alveolado Del Pan De Molde Libre De Gluten, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONITEC) Buenos Aires – Argentina.
- ◆ Ludeña Sánchez Aída (2011). Panadería: Guía del Estudiante. Proyecto “Fortalecimiento de Capacidades Laborales y Emprendedoras para población joven”. Centro de Servicios para la Capacitación Laboral y el Desarrollo – CAPLAB. Lima – Perú.
- ◆ Llerena Karina (2010). Utilización de harina de trigo y quinua para elaboración de galletas. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- ◆ Magaña Barajas E.; Ramírez Wong B.; Platt Lucero L.C.; López Ahumada G.A., Torres P.I. y Sanchez IMachado D. (2011). Viscoelastic characteristics of dough from soft wheat cultivars. *Tecnología, Ciencia y Educación*. 24, 12-22.
- ◆ Manual de Nutrición y dietética, formación para el empleo (2016). Editorial CEP, 2010, Madrid – España, pág. 68
- ◆ Mesas, J. M. y Alegre, M. T. (2002). El Pan y su proceso de la elaboración. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Área de Tecnología de los Alimentos y Departamento de Microbiología y Parasitología. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Campus de Lugo. E-27002 Lugo, España. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.
- ◆ Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). La Quinua: Producción y Comercio del Perú. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Marzo 2017, Lima – Perú.
- ◆ Monleón Getino Toni y Collado Fernández Montserrat (2008). Reportaje técnico: Calidad industrial del trigo y la harina. Técnicas de control estadístico de procesos y software. 1Departamento de Estadística. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. 2Departamento de Biotecnología y ciencia de los Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad de Burgos.
- ◆ Morán B. Katty y Soledispa N. Karen. (2013). Efecto de la Goma Xanthan y la hidroxipropilmetilcelulosa en las características físicas y reológicas del Pan de Arroz libre de gluten tipo molde. Tesis de grado para obtener el título en

Ingeniero de Alimentos. Escuela Superior politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil - Ecuador.

- ◆ Moreiras (2013). Tablas de Composición de Alimentos. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. España.
- ◆ Morris, C. F. y Konzak, C. F. (2001). Registration of hard and soft homozygous waxy wheat germplasm. *Crop Sci.* 41: 934 – 935
- ◆ Mujica Ángel y Jacobsen Sven-E. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Universidad Real de Agricultura y Veterinaria, Taastrup, Dinamarca. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad mayor de San Andrés. Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev, La Paz, 2006: 449-457.
- ◆ NORMA TECNICA PERUANA 205.064:2015. TRIGO: Harina de trigo para consumo humano. Requisitos. Publicado el 09 de mayo del 2015. Centro de Información y Documentación (CID) del INACAL, 2015.
- ◆ Osorio, H. 2004. “Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en la panificación” Tesis de grado. Facultad de ingeniería agroindustrial. Universidad nacional de Colombia. Pág. : 65-70
- ◆ Philippe S.; Sauline, L. y Guillon, F. (2006). Arabinoxylan and (1/3), (1/4) – β – glucan deposition in cel walls during wheat endosperm development. *Plant*, 224, 449 – 461.
- ◆ Picón Pineda Javier (2014). Estudio de la Influencia del tipo de harina en el desarrollo de galletas sin gluten. Máster en Calidad, Desarrollo o Innovación de Alimentos. E. T. S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera. Universidad de Valladolid.
- ◆ Pons, J. C. y Sirvardière, P. (2002). Manual de Capacitación: Certificación de Calidad de los Alimentos Orientada a Sellos de Atributos de Valor en los Países de Latinoamérica. ECOCERT-FAO. Santiago de Chile, Chile.
- ◆ Quaglia Giovanni. (1991). Ciencia y Tecnología de la Panificación 2^{da} ed., Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- ◆ Quispe Solano Miguel Ángel. (2012). Estructura y Composición Química de Cereales. Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Ciencias Aplicadas Tarma Ingeniería Agroindustrial, Tarma- Perú.

- ◆ Ricaute V., Lucia y Polania S., Tatiana. (1996). Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) en la elaboración de galletas. Tesis de grado, Universidad de La Salle Facultad de ingeniería de Alimentos, Bogotá.
- ◆ Rodríguez Parrales Claudia Azeneth y LOM OLMOS Mirza. (2016). Elaboración de Pan Integral PANUFI SA DE RL, México, D. F.
- ◆ Rojas, W.; J. Risi, M. Pinto y A. Vargas. (2014). Propiedades nutricionales de la quinua. Capítulo 5. En: IICA (Editor. 2014). Estudio de la producción y mercado de la quinua. Oficina del IICA en Bolivia. 29 de agosto de 2014. La Paz, Bolivia. pp 75-105.
- ◆ Romo, Sandra; Rosero A; Forero, Clara; Ceron, E; (2016). Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium Quinoa W*) variedad piartal en los andes colombianos. Primera Parte. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Colombia.
- ◆ See E. F; Wan Nadiah, Noor Aziah. (2007). Phyco-Chemical and Sensory Evaluation of Breads Supplemented with Pumpkin Flour. Food Technology Division, School of Industrial Technology, University Sains Malaysia.
- ◆ Serna – Saldivar, S. R. O. (2009). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. D. F. México: AGT Editor.
- ◆ Sierra Exportadora (2013). Kiwicha: Perfil comercial. Ficha Técnica. Ministerio de Agricultura y Riego. Perú.
- ◆ Shewry, P.; Halford, N. y Lafiadra, D. (2003) Genetic of wheat gluten proteins. *Adv Genet* 49:111-184.
- ◆ Soriano del Castillo, J. M. (2006), Nutrición básica humana, Editorial Universidad de Valencia. España.
- ◆ Tapia Mario E. (2000) Los cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. FAO, 2000. 2da ed. Santiago de Chile.
- ◆ Tejero, F. 2002. Harinas Especiales para panes de molde, Integrales y Bollería. Recuperado de <http://www.franciscotejero.com>
- ◆ Toledo Calvopiña, Benigna Marisol (2008). Evaluación de diferentes niveles de harina de quinua en la elaboración del manjar de leche. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniería en Industrias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

- ◆ Vázquez, Daniel. (2009) Aptitud Industrial de Trigo, editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA, Montevideo – Uruguay.
- ◆ Z. N. Juárez, M. E. Bárcenas – Pozos y L. R. Hernández. (2014). Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 8 – 1. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiente, Universidad de las Américas Puebla.

ANEXOS

ANEXO I: ANALISIS DE LAS HARINAS

ANEXO 1.1. : CARACTERIZACION QUIMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRIGO, KIWICHA Y QUINUA

ANEXO 1.1.1. Determinación de la humedad en las harinas

PRINCIPIO

Para determinar el contenido de humedad de los productos derivados de la harina de trigo u otros cereales, se sigue el procedimiento establecido por la Norma Técnica ITINTEC 205.037 (1974), denominado "Método de desecación por estufa", el cual es el siguiente:

PROCEDIMIENTO

- ♣ Pesar las placas vacías en la balanza analítica.
- ♣ Agregar una muestra de 10 gramos.
- ♣ Llevar a la estufa por un lapso de 2.5 horas a 105°C.
- ♣ Una vez pasado el tiempo establecido, sacar la muestra y dejar reposar por 5 minutos.
- ♣ Luego del reposo, pesar la muestra en placa
- ♣ Mediante la fórmula, calcular el % de humedad de la muestra.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_1 - P_2)}{m} \times 100$$

Donde:

P₁ = Peso de la placa más muestra.

P₂ = Peso de la placa más muestra seca

m= Peso de la muestra.

ANEXO 1.1.2. Determinación de Cenizas en las harinas

PRINCIPIO

Para la determinación del porcentaje de cenizas, es decir, el porcentaje de sólidos y minerales en el producto, se puede seguir el procedimiento establecido por la norma técnica ITINTEC 205.038 (1974), llamado “Método de Incineración”.

PROCEDIMIENTO

- ♣ Pesar el crisol vacío en la balanza analítica.
- ♣ Agregar 3 ó 4 gramos de muestra.
- ♣ Quemar previamente la muestra en la cocina eléctrica por unos 15 minutos, para evitar la expansión de malos olores y el manchado de la mufla.
- ♣ Llevar la muestra a la mufla por un lapso de 3 horas a 550°C.
- ♣ Pasado el tiempo establecido, retirar la muestra de la mufla y dejar reposar por 15 minutos.
- ♣ Pesar la muestra en la balanza analítica.
- ♣ Mediante la fórmula, calcular el % de cenizas de la muestra.

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{P_1 - P_0}{P} \times 100$$

Donde:

P1 = Peso del crisol más las cenizas

P0 = Peso del crisol

P = Peso inicial de la porción de muestra



Figura A - 1: Determinación de cenizas en las harinas

ANEXO 1.1.3. Determinación de grasas en las harinas.

MATERIALES Y EQUIPOS

- ♣ Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- ♣ Papel filtro o dedal de celulosa, pipeta
- ♣ Sistema extractor Soxhlet - marca Soxtec
- ♣ Estufa de aire a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- ♣ Balanza analítica
- ♣ Material usual de laboratorio

PROCEDIMIENTO:

- ♣ Se pesan los vasos.
- ♣ Se pesan de 3 a 5 gramos de muestra seca, empaquetándolo en papel filtro y se coloca en la cámara de extracción del equipo Soxhlet. Agregar hexano hasta una parte del mismo sea, sifoneado hacia el balón. (125 ml). Añadir 45 ml del solvente a los vasos y colocar en el equipo.
- ♣ Seguidamente se conecta a la fuente de calor. Al calentarse el solvente se evapora y asciende a la parte superior del equipo, allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al balón por sifonado arrastrando consigo el extracto etéreo. El ciclo es cerrado, la velocidad de goteo del hexano debe ser de 45 a 60 gotas por minuto. El proceso dura de 2 a 4 horas dependiendo del contenido graso de la muestra y de la muestra en sí.
- ♣ El hexano se recibe en el balón previamente secado y tarado.
- ♣ Retirar el balón con el extracto etéreo cuando ya no contenga hexano.
- ♣ Evaporar el solvente permanentemente en el balón, con una estufa (30 minutos por 105°C), enfriar en una campana de desecación por un espacio de 30 minutos y pesar. Cálculo:

$$\frac{\text{Peso del vaso con grasa} - \text{peso del vaso vacío}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 = \% \text{ de Grasa}$$



Figura A - 2: Determinación de grasas en las harinas

ANEXO 1.1.4. : Determinación de Proteínas en las Harinas

Materiales y Reactivos

♣ Materiales

- Beakers
- Pipetas
- Placa petri
- Matraz

♣ Reactivos

- Ácido Sulfúrico QP
- Ácido bórico QP
- Rojo de metil QP
- Verde de bromocresol QP
- Ácido clorhídrico 0.1 N
- Etanol QP
- Hidróxido de sodio 40%
- Catalizadores

♣ Equipos

- Equipo Kjeldahl
- Estufa.
- Balanza analítica

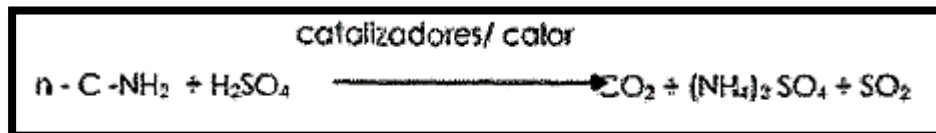
FUNDAMENTOS DEL MÉTODO Y ETAPAS

El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra. El contenido en proteína se puede calcular seguidamente, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizado, tal y como explicaremos más adelante.

Este método puede ser dividido, básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento a seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón. Ello condicionará la forma de realizar la siguiente etapa de valoración, así como los reactivos empleados. A continuación se explica el primer procedimiento, cuando el nitrógeno se atrapa sobre ácido bórico.

A. ETAPA DE DIGESTIÓN

Un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ion amonio, según la ecuación.



Procedimiento:

Se introducen de 1 a 5 g de muestra un tubo de mineralización y se ponen 2 pastillas de catalizador que suele estar constituido por una mezcla de sales de cobre, óxido de titanio o/y óxido de selenio. De forma habitual se utiliza como catalizador una mezcla de K_2SO_4 : CuSO_4 : Se (10:1:0,1 en peso), después se adicionan 12 ml de H_2SO_4 concentrado y posteriormente se digiere a $400\text{ }^\circ\text{C}$ durante una hora. Se sabe que la digestión ha terminado porque la disolución adquiere un color verde esmeralda característico.

En esta etapa, el nitrógeno proteico es transformado en sulfato de amonio por acción del ácido sulfúrico en caliente. En la actualidad, para llevar a cabo este proceso se utilizan digestores automáticos que son capaces de digerir un número determinado de muestras al mismo tiempo.



Figura A - 3: Sistema de digestión Foss

B. ETAPA DE DESTILACIÓN

Se alcaliniza la muestra digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoníaco. El amoníaco destilado se recoge sobre un exceso desconocido de ácido bórico.



Procedimiento:

Después de enfriar se coloca el tubo de mineralización en el destilador automático al cual está programada para adicionar NaOH al 40 % y agua destilada además de inyectar vapor. Para alcalinizar fuertemente el medio y así desplazar el amoníaco de las sales amónicas. El amoníaco liberado es arrastrado por el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo durante la destilación.

El destilado obtenido es agregado automáticamente a un matraz que contiene el líquido receptor elaborado por ácido bórico, rojo de metilo y verde de bromocresol.



Figura A - 4: Sistema de destilación Foss

C. ETAPA DE VALORACIÓN O TITULACIÓN

La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base del ion borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno.

Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoniaco destilados.





Figura A - 5: Equipo de valoración o titulación

D. CÁLCULOS

De la valoración se puede calcular el número de equivalentes de nitrógeno recogidos, y con éste dato se obtiene el porcentaje de nitrógeno en la muestra. Para calcular el porcentaje de proteína basta con multiplicar por un factor de conversión el % de nitrógeno calculado. Este factor de conversión está tabulado para cada grupo de alimentos. En la tabla A-1 se recogen los factores para algunos alimentos.

Tabla A-1: Factor de conversión para obtener la tasa de proteína bruta a partir del nitrógeno total.

Alimentos	Factor (K)
Harina de trigo	5.70
Trigo, centeno, cebada	5.83
Arroz	5.95
Cacahuetes	5.46
Almendras	5.18
Soja	5.71
Semillas Oleaginosas	5.30
Leche y derivados	6.38
Carne y derivados	6.25
Clara de huevo	6.70
Yema de huevo	6.62
Huevo entero	6.68
Gelatina	5.55
Vegetales	6.25

FORMULA PARA CALCULAR PORCENTAJE DE PROTEÍNAS

$$\% \text{ de proteínas} = \frac{(ml_{muestra} - ml_{blanco}) \times N \times 14.007 \times 100}{gr_{muestra}}$$

Dónde:

$ml_{muestra}$ = gasto titulación de la muestra

ml_{blanco} = gasto de titulación del blanco

N = normalidad

$gr_{muestra}$ = peso de la muestra

El resultado obtenido debe de ser multiplicado con el factor (k), de acuerdo al tipo de muestra analizada.

ANEXO 1.2. : ANÁLISIS FISCOQUIMICO DE LAS HARINAS DE TRIGO, KIWICHA Y QUINUA

ANEXO 1.2.1.: Medición de Colorimetría en las Harinas

Procedimiento:

- ♣ El espectrofotómetro fue calibrado antes de cada ensayo
- ♣ Calibrar el colorímetro con el blanco.
- ♣ Determinar la luminosidad descrita por L^* . El color negro representa una luminosidad de 0 mientras que el blanco representa una luminosidad de 100. Los parámetros de a^* y b^* se utilizan para evaluar la cromaticidad y el ángulo de tonalidad. Para el cálculo se utiliza las siguientes ecuaciones.

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

$$\text{Angulo de tonalidad} = \arctg b^* / a^*$$

- ♣ Seleccionar el espacio de color en el cual se va realizar la lectura.
- ♣ Tomar una muestra y colocarlo en Colorímetro.
- ♣ Realizar 3 lecturas de la muestra.
- ♣ Limpiar el objetivo del colorímetro después de realizada cada una de las lecturas.
- ♣ Anotar los valores de los parámetros L^* , a^* , b^* .



Figura A - 6: Medición de colorimetría en las harinas

ANEXO 1.2.2.: Determinación Reológica en las Harinas

ANEXO 1.2.2.1. Evaluación amilografica

Mide las características de gelatinización y la actividad enzimática (trigo, centeno, arroz) cumpliendo con los estándares internacionales:

- ✦ **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*)

Este instrumento ha sido y sigue siendo el instrumento estándar nivel mundial para medición de las propiedades de gelatinización y actividad enzimática (amilasa de la harina de trigo y de centeno).

Permite:

- Evaluación de la calidad de la harina y su idoneidad para varias aplicaciones
- Control de producción y control de la mezcla de harinas en el molino
- Medición de las propiedades de horneado de la harina (contenido de amilasa, máximo de gelatinización, temperatura en el máximo de la gelatinización).
- Evaluación de harinas especiales
- Medir la influencia de la adición de las enzimas.



Figura A - 7: Amilógrafo Brabender

ANEXO 1.2.2.2. Evaluación farinográfica

El farinógrafo Brabender se emplea para medir las características y aptitudes de las harinas en el amasado. Con el farinograma es posible detectar a tiempo desviaciones en las variables clave. Permitiendo efectuar correcciones de modo de obtener harinas que cumplen con las especificaciones particulares de cada cliente. La más importante de estas variables es la estabilidad (medida en minutos), e indica la tolerancia a la fermentación que posee una harina cuando esta se humedece y amasa.

Mediante este procedimiento puede determinarse entonces, no solo el nivel de absorción de agua (en ml/100 gr) que exhiben las harinas y el comportamiento de las masas elaboradas a partir de ellas, sino también a la consistencia o resistencia (en unidades farinográficas) que exhiben dichas masas al ser amasadas a velocidad constante en el farinógrafo.

Permite:

- ♣ Absorción de agua
- ♣ Calidad de la proteína
- ♣ Calidad enzimática (proteasas)
- ♣ Estabilidad al mezclado



Figura A - 8: Farinógrafo Brabender

ANEXO 1.2.2.3. Evaluación Extensográfico

Determina las cualidades elásticas de la masa, su capacidad de estiramiento y su resistencia a la extensión. Indica el efecto de mezcla de diferentes calidades de harina y la influencia de aditivos como ácido ascórbico, enzimas o emulsificantes. Con estos datos permite preparar la harina óptima para cada producto específico.

Permite establecer el óptimo reológico.

- ♣ Trigo: Calidad depende del tiempo
- ♣ Propiedades / elasticidad masa (tiempo)
- ♣ Enzimas, propiedades de horneado (tiempo)



Figura A - 9: Extensógrafo Brabender

ANEXO II. CÓMPUTO QUÍMICO

ANEXO 2.1: Método para hallar el Aminoácido Teórico de las Formulaciones.

$$X = \frac{(T)(\%MT) + (K)(\%MK) + (Q)(\%MQ)}{F}$$

Sx = Score Químico de cada Aminoácido presente en la mezcla (X)

(T) = Aminoácido del Trigo presente en la mezcla (X)

(%MT) = Porcentaje de participación del Trigo en la mezcla (X)

(K) = Aminoácido de la Kiwicha presente en la mezcla (X)

(%MK) = Porcentaje de participación de la Kiwicha en la mezcla (X)

(Q) = Aminoácido de la quinua presente en la mezcla (X)

(%MQ) = Porcentaje de participación de la quinua en la mezcla (X)

(F) = Aminoácido patrón de la FAO de la mezcla (X)

Tabla A-2: Perfil de Aminoácidos de las Harinas de Trigo, Kiwicha y Quinoa.

Aminoácidos esenciales	Composición de Aminoácidos			FAO (mg/g proteína)
	Trigo	Kiwicha	Quinoa	
Isoleucina	35	52	49	31
Leucina	71	46	66	61
Lisina	31	67	60	45
Metionina + Cistina	43	35	39	22
Fenilalanina + tirosina	80	63	41	38
Treonina	31	51	37	23
Triptófano	12	1	9	7
Valina	47	45	45	40
Histidina	25	25	45	40

Fuente: (WHO/FAO/UNU; 2007) Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition

Tabla A-3: Score Químico de las Harinas de Trigo, Kiwicha y Quinoa

Aminoácidos esenciales	Score Químico		
	Trigo	Kiwicha	Quinoa
Isoleucina	113	158	168
Leucina	116	108	75
Lisina	69	133	149
Metionina + Cistina	179	163	146
Fenilalanina + tirosina	195	100	154
Treonina	124	148	204
Triptófano	171	129	14
Valina	118	113	113
Histidina	63	113	63

ANEXO IV: ELABORACION DE PAN DE MOLDE

ANEXO 4.1. Diagrama de Flujo para pan de molde.

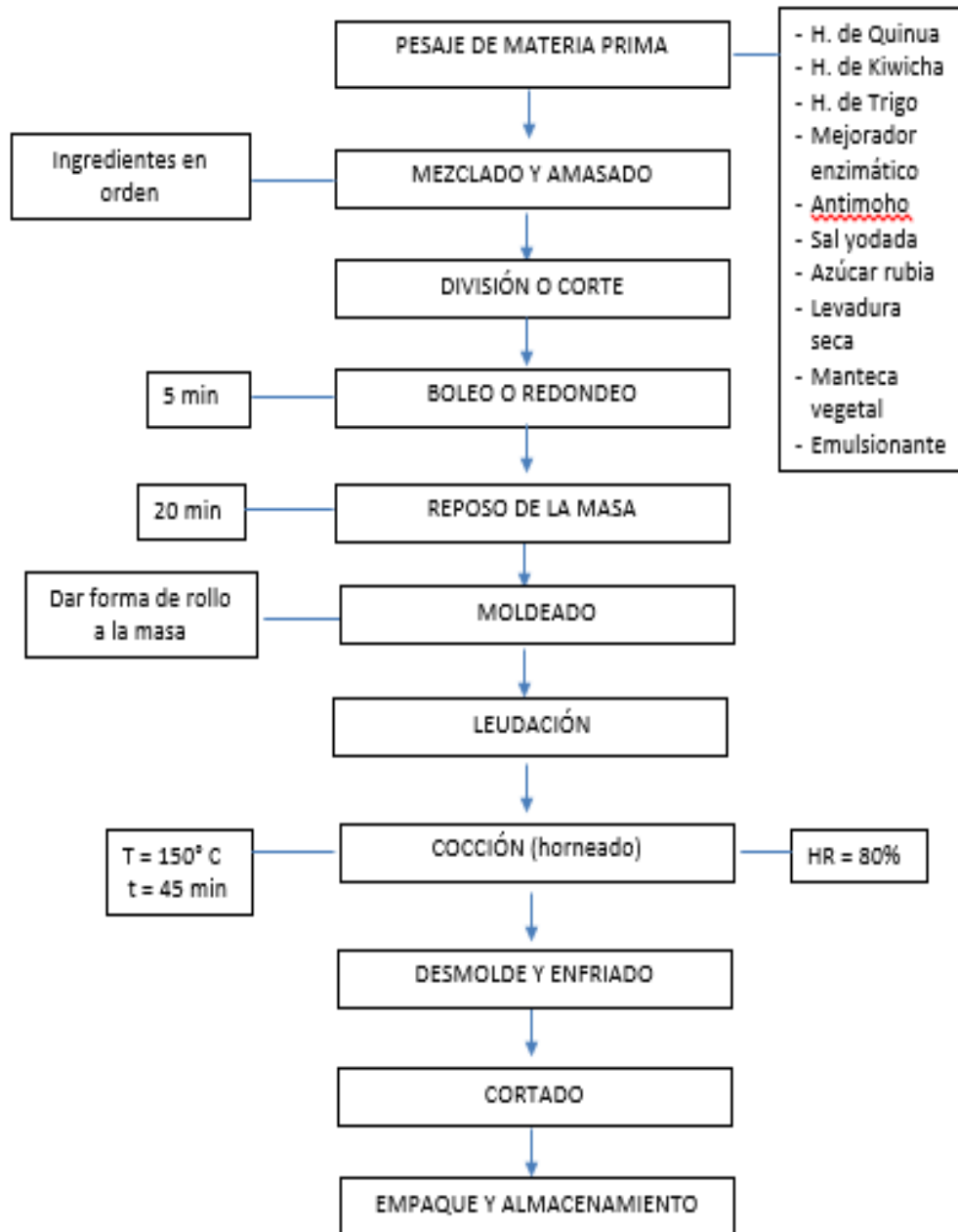


Figura A – 10: Diagrama de la elaboración del pan de molde

ANEXO 4.2. Procedimiento para la elaboración de pan de molde.



PESADO DE MATERIA PRIMA



MEZCLADO Y AMASADO



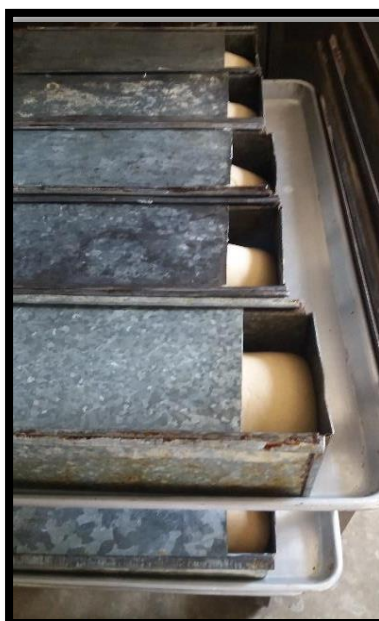
DIVISION O CORTE



BOLEO Y REPOSO



MOLDEADO DE LA MASA



LEUDACION



HORNEADO



ENFRIAMIENTO



CORTE

ENVASADO

ANEXO 4.3. Panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y kiwicha.

T 1 --> 1.3% H.Q, 2% H.K.



T 2 -->7.7% H.Q, 2% H.K



T 3 --> 1.3% H.Q, 12% H.K



T 4 --> 7.7% H.Q, 12% H.K



T 5 -->0% H.Q, 7% H.K



T 6 --> 9% H.Q, 7% H.K



T 7 --> 4.5% H.Q, 0% H.K



T 8 --> 4.5% H.Q, 14% H.K



T 9 --> 4.5% H.Q, 7% H.K



T 10 --> 4.5% H.Q, 7% H.K



T 11 --> 4.5% H.Q, 7% H.K



PAN DE MOLDE PATRÓN



ANEXO V: ANALISIS DE PAN DE MOLDE

A continuación detallamos las evaluaciones que le aplicamos a los panes de molde, además de las ya mencionadas anteriormente:

ANEXO 5.1. Procedimiento para la determinación del volumen específico.

- ♣ Se colocó el pan de molde en un recipiente geométrico que contiene alpiste.
- ♣ Procedemos a retirar todas aquellas semillas de alpiste de fueron desplazadas por el pan.
- ♣ Mediante una probeta medimos las semillas que han sido desplazados lo que nos representa el volumen del pan.
- ♣ Este procedimiento se realiza por triplicado.

Cálculos:

$$V_{u\ s\ í\ i} = \frac{V_{u\ a\ ()}}{asa ()}$$



Figura A – 11: Volumen específico del pan de molde

ANEXO 5.2. Procedimiento del análisis de textura para el pan de molde

- ♣ Se procedió a colocar dos rebanadas de pan de molde por cada formulación sobre el texturómetro Texture Analyzer del Laboratorio de Análisis y Composición de los Alimentos.
- ♣ Se utilizó la probeta # 2: TA 4/1000 Cilíndrico, 38.1 mm de diámetro y 20 mm de altura.



Figura A – 12: Análisis de textura para el pan de molde

ANEXO VI: EVALUACION SENSORIAL DEL PAN DE MOLDE ÓPTIMO

ANEXO 6.1. Pan de molde óptimo y pan de molde patrón



Figura A – 13: Pan de molde óptimo



Figura A – 14: Pan de molde patrón



Figura A – 15: Pan de molde óptimo (derecha) y pan de molde patrón

ANEXO 6.2. Evaluación sensorial del pan de molde optimo con el pan de molde patrón en cuento a sabor, aroma, color y textura del pan de molde

FORMATO DE ANALISIS SENSORIAL PARA DETERMINAR LA ACEPTABILIDAD.

Nombre: _____

Edad: _____

1. Usted está recibiendo una muestra codificada de PAN DE MOLDE. Por favor, Indique en la escala de abajo, cuanto le gustó o disgustó el COLOR de la muestra:

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

MUESTRA	COLOR
A	
B	

2. Por favor, Indique en la escala de abajo, cuanto le gustó o disgustó el AROMA de la muestra.

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

MUESTRA	AROMA
A	
B	

3. Por favor, Indique en la escala de abajo, cuanto le gustó o disgustó la SABOR de la muestra.

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

MUESTRA	SABOR
A	
B	

4. Por favor, Indique en la escala de abajo, cuanto le gustó o disgustó la TEXTURA de la muestra.

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

MUESTRA	TEXTURA
A	
B	

ANEXO 6.3. Análisis sensorial del pan de molde optimo con el pan de molde patrón en cuento a sabor, aroma, color y textura del pan de molde

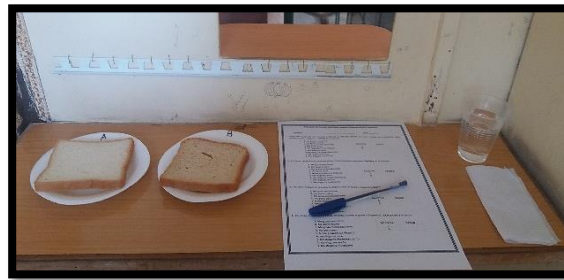


Figura A - 16: Cabina del panelista evaluador

Panelista 1



Panelista 2



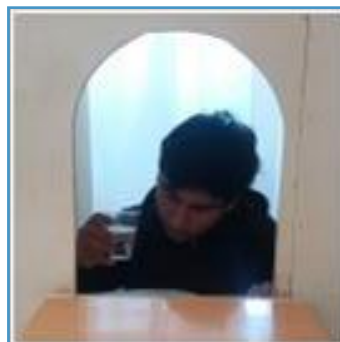
Panelista 3



Panelista 4



Panelista 5



Panelista 6



Panelista 7



Figura A - 16: Cabina del panelista evaluador

ANEXO 6.3. Resultados del análisis sensorial del pan de molde óptimo con el pan de molde patrón en cuanto a sabor, aroma, color y textura del pan de molde

Nº	MUESTRA A = PATRÓN				MUESTRA B = ÓPTIMO			
	COLOR	AROMA	SABOR	TEXTURA	COLOR	AROMA	SABOR	TEXTURA
1	8	9	9	9	7	8	7	7
2	7	8	5	4	6	6	7	6
3	8	8	7	8	6	7	6	5
4	8	8	7	8	7	7	7	7
5	9	8	8	9	8	6	7	7
6	8	8	8	9	8	9	8	9
7	8	8	6	8	8	8	6	8
8	8	6	7	9	6	7	6	7
9	8	9	8	8	7	8	7	8
10	7	8	7	7	7	6	8	7
11	8	8	8	9	7	7	7	8
12	9	9	9	9	9	7	7	9
13	7	8	9	8	8	6	6	7
14	9	8	8	8	5	7	7	7
15	7	7	6	8	8	8	8	8
16	7	7	6	6	7	7	8	7
17	8	9	9	8	8	8	9	8
18	8	8	7	7	8	9	8	7
19	9	9	8	8	8	8	9	9
20	6	9	9	9	8	6	8	6
21	8	7	5	8	6	6	7	7
22	8	8	9	9	7	8	9	8
23	8	8	8	8	7	7	7	7
24	8	6	7	8	6	8	8	8
25	8	7	8	6	7	7	6	7
26	8	7	7	5	7	8	8	6
27	8	7	7	8	5	6	7	7
28	8	7	7	8	7	7	7	7
29	8	9	8	9	7	6	7	7
30	8	8	8	8	9	7	6	7