

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS
Y ORGANOLÉPTICAS DEL PAN TIPO MOLDE
ENRIQUECIDO CON HARINA DE QUINUA (*Chenopodium
quinoa Willd*) Y CHIA (*Salvia hispanica L.*).**

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

AUTOR: Bach. HERSON DANNY ARONE PALOMINO

ASESOR: Ing. DAVID JUAN RAMOS HUALLPARTUPA

CO-ASESOR: Ing MSc. THOMAS ANCCO VIZCARRA

ANDAHUAYLAS – PERÚ

2015

TESIS FINANCIADA POR LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA UNAJMA



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

FACULTAD DE INGENIERIA

APROBACIÓN DEL ASESOR Y CO-ASESOR DE TESIS.

Los que suscribimos:

Ingeniero Agroindustrial, David Juan Ramos Huallpartupa, identificado con N° CIP 81846 e Ingeniero Agroindustrial MSc. Thomas Ancco Vizcarra, identificado con N° CIP 62283 profesor a tiempo completo y profesor principal adscritos al Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología Agroindustrial por la presente hacemos constar:

Que el Informe Final de la Tesis intitulado: “Evaluación de la propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y chia (*Salvia hispánica* L.)” cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial Herson Danny Arone Palomino; **CUMPLE CON LOS REQUISITOS** exigidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional José María Arguedas, por lo que otorgamos la aprobación de la tesis, declarando apto y autorizando su publicación a fin de que pueda iniciar sus gestiones administrativas y conducentes a la expedición y entrega del Título Profesional en Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, Agosto del 2015.

.....
Ing. David Juan Ramos Huallpartupa
Asesor de Tesis

.....
Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra
Co-Asesor

.....
Br. Herson Danny Arone Palomino
Tesista



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

FACULTAD DE INGENIERIA

APROBACION DEL JURADO EVALUADOR DE INFORME FINAL DE TESIS

Los que suscribimos:

Integrantes del Jurado Evaluador del Informe final de Tesis intitulado: "Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) y chia (*Salvia hispánica* L.)" cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial Herson Danny Arone Palomino, **CUMPLE CON LOS REQUISITOS** exigidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional José María Arguedas; por lo que otorgamos la aprobación de la tesis, declarando apto y autorizando su publicación a fin de que pueda iniciar sus gestiones administrativas, conducentes a la expedición y entrega del Título Profesional en Ingeniero Agroindustrial

Andahuaylas, Agosto del 2015.

Ing. Denis Hernán Gutiérrez Martínez
Presidente del Jurado Evaluador

Ing. Juvenal Rivas Leguía
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Ing. MSc. Abel Manuel Serna Herrera
Segundo Miembro del Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mi padre Damian, hermano Ayrton y abuela Teresa, quienes se encuentran en la gloria de Dios, a pesar de no encontrarse a mí lado, siento que están conmigo siempre y aunque faltaron cosas por vivir juntos. Sé que este momento hubiera sido tan especial para ustedes como lo es para mí.

A mis familiares, quienes siempre estuvieron apoyándome durante mi formación profesional, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida , en especial a mi madre Enedina por haberme dado el corazón, su fortaleza y sus sabios consejos, a mi hermana Danny que siempre me contagio su alegría.

Herson.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A la Universidad Nacional “José María Arguedas”, particularmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por haberme formado durante mi vida universitaria.
- ✓ A mi madre, por su apoyo incondicional, comprensión que fue creciendo, siempre estuvo a mi lado, por tus consejos en los momentos difíciles, y por todas las veces que callaste, para que yo aprendiera con tu silencio.
- ✓ A mis familiares, por haberme brindando el apoyo incondicional durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- ✓ A mis asesores Ing. David Juan Ramos Huallpartupa y al Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra, por el apoyo durante la elaboración del proyecto de investigación y dedicación de su tiempo.
- ✓ Al Ing. Freddy Taype Pardo por el apoyo constante durante la ejecución del proyecto.
- ✓ Al Ing. David choque Quispe por el apoyo, recomendaciones valiosas durante el desarrollo de la tesis.
- ✓ A Yelena Gutierrez técnica de laboratorio, por el apoyo brindado en la ejecución de las pruebas experimentales.
- ✓ A Ing. Marianela Inga, por haber permitido el acceso a los laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional “Agraria la Molina”

RESUMEN

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

Se aplicó el Método de Diseño de Mezclas (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008), para la formulación del pan con harina de quinua (HQ), harina de chia (HC) y harina de trigo (HT), se estudió las propiedades físicas, químicas, organolépticas, score químico y PDCAAS. Los porcentajes respecto a los componentes de las mezclas fueron T1 (20%, 5 %, 75 %); T2 (20 %, 10 %, 70 %); T3 (17.5 %, 6.25 %, 76.25 %); T4 (17.5 %, 8.75 %, 73.75 %); T5 (20 %, 7.5 %, 72.5 %) y T6 (0 %, 0 %, 100 %) respectivamente. La metodología utilizada para las pruebas experimentales para determinar: proteínas se utilizó el método de Kjeldahl (método N° 920.87 AOAC), lípidos se utilizó el método de soxhlet (métodos N°920.39 AOAC), ceniza (método N° 923.03 AOAC); fibra (método N° 969.09 AOAC); los carbohidratos (Collazos Ch., y otros, 1996); la acidez (Método volumétrico, titulación -NTP 206.013 1981) y el pH (Método N°943.02 AOAC).

Para la determinación de las propiedades físicas se utilizó los siguientes métodos: volumen fue determinado por el desplazamiento de semillas de colza (Alvares & Tucsa, 2009); La textura se determinó mediante un texturometro (De la Cruz, 2009); la humedad (método N° 931.04 AOAC); la estructura de la miga se determinó mediante un análisis de imágenes (Steffolani, 2010); el peso inicial como al producto final (Alvares & Tucsa, 2009); el color se determinó a la corteza y a la miga utilizando un colorímetro Minolta (RC-400) (De la Cruz, 2009). La evaluación sensorial de los panes tipo molde se realizó mediante pruebas afectivas con 30 panelistas no entrenados, se evaluó los criterios de color, olor, sabor, dureza y gomosidad. El score químico para las mezclas de los panes y el PDCAAS (Puntaje de aminoácidos corregido por digestibilidad), fueron tomados como aminoácidos de referencia los aminoácidos de la etapa pre escolar (2-5 años) según la FAO/OMS.

Para el análisis estadístico se utilizó el diseño de mezclas, ANOVA de un factor y seguido de las comparaciones múltiples. Para las propiedades físicas y químicas se utilizó el test de Tukey y la evaluación organoléptica la prueba de Dunnett.

En las propiedades químicas se observa que a medida que incrementamos la sustitución de la HQ y HC también incrementa el porcentaje de proteínas, lípidos, cenizas, fibra, pH, acidez y disminuye los carbohidratos. Se pudo observar que respecto a las proteínas el tratamiento que presentó mayor porcentaje fue el T2 (15.93 %), igual para los lípidos el T2 (10.17 %) presentó mayor contenido de lípidos, el tratamiento que presentó mayor contenido de carbohidratos fue el tratamiento de control T6 (78.27 %), se vio un incremento respecto a la fibra, los valores en los rangos de (6.13 a 15 %) de igual forma los rangos de los resultados para las cenizas fueron de (2.82 a 3.17 %). Respecto al pH los rangos (5.96 a 6.07) con tendencia a ácidos, respecto a la acidez todas las muestras reportan valores inferiores a 0.5 que es el límite máximo NTP 206.004 (INDECOPI, 1988). En las propiedades físicas disminuye el volumen. Gana el peso final después del horneado. En la textura incrementa la dureza. El tratamiento que presentó mayor contenido de dureza fue el T6 (534 g-f), de igual forma la miga incrementó la cantidad de alveolos. Respecto al color disminuye la luminosidad (L*). Con relación al escore químico y PDCAAS. El aminoácido limitante en todas las mezclas fue la lisina. Las características sensoriales del pan molde como el color, gomosidad, sabor y apariencia general presentaban diferencia significativa, mientras que el olor y dureza no presentaron diferencia significativa entre tratamientos a un nivel de significancia de 5 %.

Palabras claves: Pan de molde, propiedades (químicas, físicas y organolépticas), escore químico, PDCAAS.

ABSTRACT.

According to the Peruvian Technical Standard NTP 206 004 (INDECOPI, 1988), bread is the product obtained by baking in molds, a fermented dough made with wheat flour, water, salt, sugar, yeast and butter, can have other ingredients and permitted additives.

Method Mix Design (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salasar, 2008) was applied to the formulation of bread with quinoa flour (HQ) flour, chia (HC) and wheat flour (HT) was studied physical, chemical, organoleptic, chemical and PDCAAS score. The percentages of the components of the mixtures were T1 (20 %, 5%, 75 %); T2 (20%, 10%, 70%); T3 (17.5 %, 6.25 %, 76.25 %); T4 (17.5 %, 8.75 %, 73.75 %); T5 (20 %, 7.5 %, 72.5 %) and T6 (0 %, 0 %, 100%) respectively. The methodology used for the experimental tests to determine: proteins Kjeldahl method (AOAC Method N°. 920.87) was used, lipids soxhlet method (AOAC methods No. 920.39), ash (AOAC Method N°. 923.03) was used; fiber (AOAC Method N°. 969.09); carbohydrates (Collazos Ch, et al., 1996); acidity (volumetric method, Certification -NTP 206 013 1981) and pH (AOAC Method N°. 943.02).

The following methods were used for determining the physical properties: volume was determined by rapeseed displacement (Alvares & TUCSA, 2009); The texture was determined by a texture analyzer (De la Cruz, 2009); moisture (AOAC Method N°. 931.04); The crumb structure was determined by image analysis (Steffolani, 2010); the initial weight and the final product (Alvares & TUCSA, 2009); the color of the crust and the crumb was determined using a Minolta (RC -400) (De la Cruz, 2009) colorimeter. Sensory evaluation of bread mold type affective tests performed by 30 untrained panelists, the criteria of color, smell, taste, hardness and gumminess was evaluated. The chemical score for mixed breads and PDCAAS (amino acid score corrected for digestibility) were taken as reference amino acid amino acids in the preschool (2-5 years) stage as the FAO / WHO.

For statistical analysis the mix design was used, and one-way ANOVA followed by multiple comparisons. Tukey's test and sensory evaluation Dunnett's test was used for the physical and chemical properties.

In chemical properties it is observed that as we increase the replacement of HQ and HC also increases the percentage of protein, lipid, ash, fiber, pH, acidity and carbohydrates decreases. It was observed that about protein treatment with the highest percentage was T2 (15.93 %), as for lipids T2 (10.17 %) had higher lipid content, the treatment had higher carbohydrate content was treating T6 (78.27 %), monitoring an increase over the fiber, the values in the range (6.13 to 15%) similarly ranges of the results for the ashes were (2.82 to 3.17 %) was seen. For pH ranges (5.96 to 6.07) with a tendency to acids, regarding the sample acidity all reported values below 0.5 which is the maximum NTP 206 004 (INDECOPI, 1988). In physical properties decreases volume. Win the final weight after baking. Texture hardness increases. The treatment had a higher content of hardness was T6 (534 g-f), just as the crumb increased the number of alveoli. Decreases for color lightness (L *). With regard to chemical and PDCAAS score. The limiting amino acid in all blends was lysine. The sensory characteristics of bread mold as color, tackiness, flavor and overall appearance showed significant difference, while the smell and hardness showed no significant difference between treatments at a significance level of 5 %.

Keywords: Bread mold properties (chemical, physical and organoleptic), chemical score, PDCAAS.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. MARCO TEÓRICO.....	7
1.2.1. Pan.....	7
1.2.1.1 Pan de molde.....	7
1.2.2. El trigo (<i>Triticum vulgar.</i>).....	8
1.2.2.1. Clasificación taxonómica del trigo:.....	9
1.2.2.2. Harina de trigo:	9
1.2.2.2.1. Clasificación de la harina de trigo:	10
1.2.2.2.2. Gluten:.....	10
1.2.2.2.3. Almidón:... ..	11
1.2.2.3. Contenido aminoacídico del trigo en 100 g de muestra	12
1.2.3. Quinua	12
1.2.3.1. Clasificación taxonómica de la quinua.....	14
1.2.3.2. Composición y valor nutricional y aminoacídico de la quinua.....	14
1.2.3.3. Comparación de la quinua con otros cereales	16
1.2.3.4. Proteínas:.....	16
1.2.3.5. Aminoácidos:	17

1.2.3.6. Contenido aminoacídico de quinua en 100 g de muestra de quinua.....	17
1.2.4. Chía:.....	18
1.2.4.1. Clasificación taxonómica.....	18
1.2.4.2. Origen.....	19
1.2.4.3. Chía una fuente natural de ácido graso omega -3 y antioxidantes.....	19
1.2.4.4. Contenido aminoacídico de chia en 100 g de muestra.....	20
1.2.5. Levaduras:.....	21
1.2.5.1. Fermentación:.....	21
1.2.6. Cómputo o score químico:	23
1.2.6.1. Aminoácido esencial.....	23
1.2.6.2. Aminoácido limitante.....	24
1.2.7. Puntaje de aminoácidos corregido por digestibilidad (PDCAAS) en la complementación protéica:	24
1.2.7.1. Digestibilidad protéica:	24
1.2.8. Análisis sensorial:	25
1.2.8.1. Prueba de aceptación:.....	27
1.2.9. Color.....	28
1.2.9.1. Percepción de color:.....	29

1.2.9.2. Sistemas de color cie:	30
1.2.9.3. Cielab (L*a*b*):	30
1.2.9.4. Colorímetro	32
1.2.10. Ingredientes y sus funciones	32
1.2.10.1. Harina de trigo	32
1.2.10.2. Harina de quinua	33
1.2.10.3. Harina de chia.....	33
1.2.10.4 Levadura.....	33
1.2.10.5. Líquido.....	34
1.2.10.6. Sal.....	34
1.2.10.7. Azúcar.....	35
1.2.10.8. Grasas.....	35
1.2.10.9. Mejoradores.....	35
1.2.10.10. Emulsificantes.....	36
1.2.10.11. Conservadores	36
1.3. JUSTIFICACIÓN	37
1.4. PROBLEMA.....	39
1.5. HIPÓTESIS	39
1.6. OBJETIVOS	39

1.6.1. General:	39
1.6.2. Específicos:	39
II. MATERIALES Y MÉTODOS	40
2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	40
2.2. MATERIAL DE ESTUDIO	40
2.2.1. Universo y/o población	41
2.2.2. Muestra	41
2.2.3. Unidad de análisis	41
2.3. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN	42
2.4. ANÁLISIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	45
2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:	45
2.6. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS.	47
2.7. MÉTODOS Y TÉCNICAS.	49
2.7.1. Diagrama de bloques y descripción del proceso de harina de quinua:	49
2.7.2. Obtención de la harina de chia	50
2.7.3. Elaboración de pan de molde.	51
2.7.4. Determinación de las propiedades físicas	54
2.7.4.1. Volumen del pan.	54
2.7.4.2. Estructura de la miga.	54

2.7.4.3. Textura.....	56
2.7.4.4. Peso.....	56
2.7.4.5. Humedad (Método N° 931.04 de la AOAC):	56
2.7.4.6. Color.....	57
2.7.5. Determinación de las propiedades químicas:	57
2.7.5.1. Análisis proximal.....	57
2.7.5.2. Acidez. (Método volumétrico, titulación -NTP 206.013 1981)	58
2.7.5.3. pH. (Método N°943.02 de la AOAC –potenciométrico-).....	59
2.7.6. Determinación de las propiedades organolépticas:	59
2.7.6.1. Evaluación sensorial.....	59
2.7.7. Determinación del score químico:	61
2.7.8. Puntaje de aminoácidos corregido por digestibilidad (PDCAAS).	62
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	64
3.1. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS.....	64
3.1.1. Proteínas en el pan molde	64
3.1.2. Carbohidratos en el pan molde.....	68
3.1.3. Lípidos en el pan molde.	71
3.1.4. Cenizas en el pan molde	75
3.1.5. Fibra en el pan molde	79

3.1.6. Acidez y pH en el pan molde.....	82
3.2. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS	87
3.2.1. Volumen del pan	87
3.2.2. Textura del pan	91
3.2.3. Humedad del pan.....	96
3.2.4. Variación del peso del pan molde.....	100
3.2.5. Estructura de la miga	103
3.2.6. Evaluación física del color	107
3.3. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.....	114
3.3.1. Determinación de la mejor mezcla por puntuación:	119
3.4. EVALUACIÓN DEL ESCORE QUÍMICO Y PDCAAS.....	120
IV. CONCLUSIONES.....	127
V. RECOMENDACIONES	129
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Aminoácidos del trigo	12
Tabla 2:	Composición de la harina de quinua en 100 g de muestra	15
Tabla 3:	Composición proximal en % de quinua y otros granos	16
Tabla 4:	Contenido de aminoácidos de la quinua (mg/N)	18
Tabla 5:	Energía y composición de la semilla de Chia	20
Tabla 6:	Contenido de aminoácidos Chia	20
Tabla 7:	Matriz de diseño experimental	42
Tabla 8:	Restricciones para los componentes de las mezclas	45
Tabla 9:	Equipos utilizados en la investigación	47
Tabla 10:	Materiales utilizados en la investigación	47
Tabla 11:	Reactivos utilizados en la investigación	48
Tabla 12:	Insumos utilizados en la investigación	49
Tabla 13:	Estructuración de la escala hedónica	60
Tabla 14:	Patrón de aminoácidos en la etapa pre-escolar	62
Tabla 15:	Porcentaje de proteína para el pan molde	64
Tabla 16:	Porcentaje de carbohidrato para el pan molde	68
Tabla 17:	Porcentaje de lípidos para el pan molde	71
Tabla 18:	Porcentaje de ceniza para el pan molde	75
Tabla 19:	Porcentaje de fibra para el pan molde	79
Tabla 20:	Acidez y pH para el pan molde	82
Tabla 21:	Volumen (ml) para el pan molde	88
Tabla 22:	Textura (dureza y elasticidad) para el pan molde	92

Tabla 23:	Humedad para el pan molde	97
Tabla 24:	Variación del peso del pan	100
Tabla 25:	Estructura de miga para el pan molde	104
Tabla 26:	Color de la corteza para el pan molde	108
Tabla 27:	Resumen de ANOVA para el color de la corteza del pan	109
Tabla 28:	Color de la miga para el pan molde	110
Tabla 29:	ANOVA para el color de la miga del pan molde	111
Tabla 30:	Índice de color para la corteza del pan molde	112
Tabla 31:	Índice de color para la miga del pan molde	112
Tabla 32:	Evaluación organoléptica del pan tipo molde	115
Tabla 33:	ANOVA para los atributos sensoriales	117
Tabla 34:	Prueba contra testigo Dunnett para los atributos del pan molde en las formulaciones	118
Tabla 35:	Puntuación respecto a los atributos sensoriales	119
Tabla 36:	Escore aminoacídico del pan molde	120
Tabla 37:	Digestibilidad de los cereales usados en la formulación del pan molde	123
Tabla 38:	PDCAAS para la formulación del pan molde	124

INDICE DE FIGURA

Figura 1:	Semilla de quinua	13
Figura 2:	Fórmula general de un aminoácido	17
Figura 3:	Proceso de un análisis sensorial	28
Figura 4:	Elementos para percepción del color	30
Figura 5:	Diagrama tridimensional de la carta de color sistema L*a*b*	31
Figura 6:	Gráfica de la carta de color en el sistema L*a*b*	32
Figura 7:	Diagrama de contrastación y variables	43
Figura 8:	Diagrama de etapas donde se determinaron las propiedades físicas, químicas y organolépticas.	44
Figura 9:	Diagrama de bloques de la harina de quinua	50
Figura 10:	Diagrama de bloques de la harina de Chia	51
Figura 11:	Diagrama de bloques de la elaboración de la esponja para el pan tipo molde	52
Figura 12:	Diagrama de bloques de la elaboración de pan tipo molde	52
Figura 13:	Conversión de la imagen a una imagen binaria (monocromática)	55
Figura 14:	Diagrama de medias para el % de proteínas	66
Figura 15:	Diagrama de efectos para el % de proteínas	67
Figura 16:	Superficie de respuesta para el % de proteínas	67
Figura 17:	Diagrama de medias para el % de carbohidratos	69
Figura 18:	Diagrama de efectos para el % de carbohidratos	70
Figura 19:	Superficie de respuesta para el % de carbohidratos	71
Figura 20:	Diagrama de medias para el % de lípidos	72

Figura 21:	Diagrama de efectos para el % de lípidos	73
Figura 22:	Superficie de respuesta para el % de lípidos	74
Figura 23:	Diagrama de medias para el % de ceniza	76
Figura 24:	Diagrama de efectos para el % de ceniza	78
Figura 25:	Superficie de respuesta para el % de ceniza	78
Figura 26:	Diagrama de medias para el % de fibra	80
Figura 27:	Diagrama de efectos para el % de fibra	81
Figura 28:	Superficie de respuesta para el % de fibra	81
Figura 29:	Diagrama de medias para el % de acidez	83
Figura 30:	Diagrama de medias para el % de pH	84
Figura 31:	Diagrama de efectos para el % de acidez	85
Figura 32:	Diagrama de efectos sobre el pH	85
Figura 33:	Superficie de respuesta para el % de acidez	85
Figura 34:	Superficie de respuesta para el pH	86
Figura 35:	Diagrama de medias para el volumen del pan	88
Figura 36:	Diagrama de efectos sobre el volumen	90
Figura 37:	Superficie de respuesta para el volumen de pan	91
Figura 38:	Diagrama de medias para la dureza del pan	92
Figura 39:	Diagrama de medias para la elasticidad del pan	93
Figura 40:	Diagrama de efectos sobre la dureza del pan	93
Figura 41:	Diagrama de efectos sobre la elasticidad del pan	94
Figura 42:	Superficie de respuesta sobre la dureza del pan	94
Figura 43:	Superficie de respuesta para la elasticidad del pan	95

Figura 44:	Diagrama de medias para la humedad del pan	97
Figura 45:	Diagrama de efectos sobre la humedad del pan	98
Figura 46:	Superficie de respuesta para la humedad del pan	100
Figura 47:	Diagrama de medias para la pérdida de peso del pan	101
Figura 48:	Diagrama de efectos sobre el peso final del pan	102
Figura 49:	Superficie de respuesta para la pérdida de peso del pan	102
Figura 50:	Diagrama de medias para la estructura del pan	105
Figura 51:	Diagrama de efectos para la estructura del pan	105
Figura 52:	Superficie de respuesta para la pérdida de peso del pan	107
Figura 53:	Digan de efectos para el IC* de la corteza del pan	113
Figura 54:	Digan de efectos para el IC* de la miga del pan	114
Figura 55:	Diagrama radial para la evaluación organoléptica	115
Figura 56:	Diagrama de efectos sobre el contenido de lisina del pan	122
Figura 57:	Superficie de respuesta para el escore químico	123
Figura 58:	Diagrama de efectos sobre PDCAAS	124
Figura 59:	Superficie de respuesta para el escore químico	126

ABREVIATURAS Y UNIDADES

AACC	: Asociación Americana de Químicos de Cereales
ANOVA	: Análisis de varianza
AOAC	: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales
b.h.	: Base humedad
b.s.	: Base seca
CIE	: Comisión internacional de la iluminación
CRA	: Capacidad de retención de agua
CQ	: Escore químico o computo químico
DC*	: Diferencia de color
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDT	: Fibra dietética total
g	: Gramos
h	: hora
Ha	: Hipótesis alterna
HC	: Harina de chia
HQ	: Harina de quinua
HSD	: Diferencia honesta significativa
HR	: Humedad relativa
HT	: Harina de trigo
Ho	: Hipótesis nula
IC*	: Índice de color

kg	: Kilogramos
L	: Litros
ml	: Miligramos
meq.	: Miliequivalente
min	: Minutos
msnm	: Metros sobre el nivel del mar
N	: Normalidad
NTP	: Norma técnica peruana
OMS	: Organización mundial de la salud
PDCAAS	: Aminoácido corregido por digestibilidad proteica
p- value	: Probabilidad evaluada
pH	: Potencial de Hidrógeno
s	: Desviación estándar
Sig.	: Significancia
T	: Tiempo
T°	: Temperatura
TPA	: Análisis de Perfil de Textura
UPN	: Utilización proteica neta
W	: Watt
<i>x</i>	: Promedio
°C	: Grados Celsius

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el proceso de panificación está muy desarrollado, es así que éste es consumido por la mayoría de la población. Es importante observar nuevas variedades de harinas para enriquecer este producto y brindar un producto con mayor valor nutricional.

La harina de trigo es deficiente en lisina (FAO, 1985), este es el ingrediente principal del pan. Ésta deficiencia aminoacídica del pan puede ser superada con la enriquecimiento de harinas de cereales ricas en lisina como la procedente del grano de quinua cuya calidad protéica es reconocida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1985) y también la chia debido a que tiene alto contenido protéico, potenciando su uso para mejorar los niveles nutricionales de nuestra población.

El propósito de la presente investigación es evaluar las propiedades físicas, químicas y organolépticas de los panes enriquecido con harina de Quinoa (*Chenopodium quínoa W.*) y de chia (*Salvia hispánica L.*), poder observar como es el comportamiento de estas propiedades cuando se hacen sustituciones en diferentes porcentajes, con la finalidad de obtener un pan con adecuadas características y estas cumplan los estándares de calidad. Este enriquecimiento por cereales con alto valor proteico puede ser asistido por el método de Diseño de Mezclas que permite obtener mezclas en base a restricciones y es muy utilizada cuando se realizan formulaciones de productos, debido a que las variables estudiadas son los componentes de la mezcla, estos siempre deben sumar la unidad o el 100 % cuando se expresa en porcentaje.

La quinua y la chia son cereales que se producen en nuestro departamento y en nuestra provincia. Siendo una alternativa de materia prima para la elaboración de productos de panadería.

1.1. ANTECEDENTES

- ✓ (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006). Utilizó quinua en el proceso de panificación , concluyó que de acuerdo a los análisis físico químicos, reológicos y microbiológicos, efectuados a las mezclas de harina de trigo y harina de quinua, realizados anteriormente, se determina que el porcentaje más adecuado es el que tiene solo el 15 % de sustitución de quinua, debido a que este fue el que presento mejores condiciones para la realización de productos de panificación (pan tipo molde), su incremento protéico no fue el más alto pero fue significativo frente a un pan comercial. Aunque el tratamiento con 30 % de sustitución de harina de quinua, tenía mayor incremento de proteína, es importante tener en cuenta todas las características para una buena panificación. Además menciona que a medida que incrementa el contenido de sustitución con harina de quinua, disminuye el porcentaje de carbohidratos incrementa el porcentaje de proteína, fibra, humedad y ceniza, el incremento de ceniza de debe a que la quinua presenta un elevado contenido de minerales.
- ✓ (Sancho Robles, 2012). Evaluó la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería sustituidos por harinas integrales de arroz, centeno o quínoa, concluyendo que la sustitución de 25 % de harina integral de arroz, quínoa o centeno no produjo grandes cambios en cuanto a los parámetros de calidad. Cada una de las formulaciones estudiadas supuso una mejora en el valor nutricional en función de las necesidades de la población, sin suponer un deterioro importante de la calidad sensorial del producto final, con un alto grado de aceptabilidad por parte del consumidor.
- ✓ (Gutiérrez Poblete, 2007). Elaboró galletas con semilla de chía, concluye que según el perfil de ácidos grasos el contenido omega tres proporcionado por la semilla de chía (***Salvia hispánica***) no sufre pérdidas al ser sometido a temperatura de horneado (105 °C durante 11 min).

Se evaluó sensorialmente, por un panel entrenado, las 11 corridas experimentales de cada formulación. Se analizó estadísticamente los resultados donde se determinó que la formulación óptima para la galleta contiene un 7 % concentración de semilla de chía y un 13 % concentración de materia grasa.

- ✓ (De la Cruz, 2009). Elaboró pan molde con quinua y suero, concluyendo que de acuerdo al cómputo químico, las evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales, se determinó que el porcentaje más adecuado es el que tiene el 14 % de incorporación de harina de quinua precocida y 3,5 % de suero, en la elaboración de pan tipo molde, el incremento protéico no fue el más alto pero fue significativo frente a un pan comercial de harina de trigo. Además menciona que cuando incrementa el porcentaje de sustitución con harina de quinua, incrementa el contenido de proteínas, ceniza y fibra y disminuye el contenido de carbohidratos, además le atribuye la coloración a los panes debido a la reacción de maillard y caramelización que sucede en el horneado.
- ✓ (Alvares & Tucsa, 2009). Realizó estudio a panes con harina de quinua, concluye que el porcentaje adecuado de harina de quinua en la mezcla, es 18 % con el que se obtienen mejores resultados, ya que con porcentajes más altos de harina de quinua en la mezcla no permiten el buen desarrollo de las masas de pan, dándole a las mismas una elasticidad baja, influyendo también directamente en el peso y volumen final del producto.
- ✓ (Loscano Sumbana, 2010). Estudio reología de mezclas de harinas de, maíz, quinua, trigo y papa en la elaboración de pan, define que las cualidades plásticas se caracterizan por el grado de elasticidad, tenacidad y flexibilidad de la masa. A menudo se utiliza fuerza para referirse al cuerpo de la masa, esta noción de fuerza panadera sirve para clasificar el trigo, ya que un trigo con fuerza dará una harina con fuerza.

- ✓ (Rubio Arraez, 2010). Aplicó matrices mixtas de cereales en sistemas panarios. En la investigación se realiza un estudio sobre la aproximación tecno-funcional de matrices mixtas de cereales y su aplicación en sistemas panarios. Se elaboraron panes con distintos grados de sustitución de trigo común por trigo kamut, trigo espelta, trigo sarraceno, avena y centeno. Se midieron las propiedades mecánicas y de superficie, así como la extensibilidad uni-axial y las propiedades reológicas fundamentales de las masas, y se realizó una caracterización tecno-funcional de los panes obtenidos.
- ✓ (García García, 2011). desarrolló de un producto de panadería con harina de quinua, concluyendo que el tratamiento que reportó el mejor nivel de aceptación sensorial frente al panel sensorial y a los datos de volumen fue el elaborado con 10 % de harina de quinua y 90 % de harina de trigo, además hay un aumento de 2.2 % de proteína en la formulación de 20 % con respecto a la del 10 %.
- ✓ (Aguilar Valenzuela , 2011). desarrolló pan con harina de lenteja, Los tratamientos aplicados en el presente estudio fueron mezcla de harinas (90 % de harina de trigo y 10 % de harina de lenteja), y (únicamente harina de trigo). La proporción de harina de lenteja, harina de trigo aplicada fue seleccionada luego de realizar pruebas preliminares con varias concentraciones de harina de lenteja. Además menciona que a medida que incrementa el porcentaje de harina de lenteja incrementa el porcentaje de proteínas, pero el color se ve afectado presentado un oscurecimiento propio de la lenteja, disminuye la luminosidad de los panes.
- ✓ (Bautista Justo & Barrón Martínez, 2012). Elaboraron panes con chia y linaza, concluyendo que los panes desarrollados en este trabajo tienen un alto valor nutritivo; además, conservan las propiedades funcionales de la chía y linaza que se han estudiado ampliamente, por su alto contenido de fibra dietética total y ácidos grasos; adicionalmente presentan ligera capacidad antioxidante y contienen calcio y fósforo. Por todas estas

cualidades es importante promover su consumo y en estudios futuros ver la manera de alargar la vida de anaquel y estudiar otras formulaciones.

- ✓ (Ivana Capitani, 2013). Concluyó que en la caracterización fisicoquímica y funcional de la harina de chía (*Salvia hispanica* L.) obtenida como subproducto de diferentes procesos de extracción del aceite de la semilla (prensado en frío y extracción sólido-líquido), así como de las fracciones ricas en fibra y en proteínas obtenidas mediante la tamización. La información obtenida a partir de la determinación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales estudiadas, sugiere que los subproductos (harina y aceite) de chía podrían tener una potencial aplicación como ingredientes funcionales en diversos productos.
- ✓ (Silveira & Salas , 2013). Formuló pan con adición de harina de chía, concluyó en que a medida que incremental la sustitución con harina de chia, disminuye el contenido de carbohidratos incrementa el contenido de proteínas, fibra y lípidos, además de que la sustitución de chia afecta directamente el volumen de los panes esto debido a que la chia no contiene gluten la que es encargada de conferirles una adecuada elasticidad y del volumen de los panes.
- ✓ (Yela Molina, 2004). Realizó un análisis químico a diferentes marcas de panes comerciales, obteniendo valores de proteínas entre 7.33-8.35 %, cenizas 2.33 %, pH 5.96-6.07 y fibra entre 6 %, estos valores son de panes blanco y además mencionó que los panes integrales tiene un valor superior a los mencionado.
- ✓ (Fuentes Aguilar, 2012). Menciona que incrementa el contenido de humedad en alimentos enriquecidos con chia, debido a que este presenta contenido de fibra (fibra dietética soluble), debido a que la chia tiene una capacidad de retención de 6.2g de agua /g de fibra, además el contenido de humedad incrementa por causa del tamaño de partícula, ya que teóricamente a menor tamaño de partícula la facilidad de hidratación se

aumenta, por la superficie de contacto que se tiene, debido a que en el pan molde se utilizó harina de chia y no el grano entero.

- ✓ (Acosta Granada , 2013). Menciona que la dureza para los panes comerciales en promedio esta entre 636.30 g-f, que es admitido como panes de buena calidad respecto a la dureza y que valores superiores a 1000g-f, corren el riesgo de asemejarse más a galletas ya que estas tienden a ser más duras.
- ✓ (Alvis, Pérez, & Arrozala , 2010). Evaluó la textura en panes con sustitución de harina arroz y obtuvo dureza entre 407.88 a 1091.096 g-f y elasticidad entre 9 a 12 mm.
- ✓ (Sanz Ponce, 2008), Obtuvo disminución de volumen en panes con harina de amaranto debido a que presentan partículas de salvado, el cual puede dificultar la formación de la red glutinosa, que a su vez se vio afectada por la menor cantidad de gluten en las muestras con harina integral de amaranto, y que por tanto, repercutió en el volumen y dureza de la miga.
- ✓ (Baños Espinoza, 2007). Realizó investigación a panes con adición de fibra soluble, donde observo que a medida que se incrementaba la fibra soluble también ocurría lo mismo con la humedad de los panes debido a que este tiene la capacidad de retener agua. además también determinó la estructura de la miga, donde observa que los panes presentan alveolos con tamaños no homogéneos y en mayor cantidad.

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. Pan:

El pan es un alimento esencial; por tratarse de un producto completo de antiquísima tradición, nadie niega al pan por el primer puesto entre los alimentos nutritivos con que cuenta la humanidad, porque lleva en si todas las sustancias necesarias para la conservación de nuestro organismo; no produce trastornos digestivos.

El pan es una mezcla, de harina, agua, sal y levadura amasada convenientemente, fermentada y cosida al horno (Tejero Aparicio, 1992).

1.2.1.1. Pan de molde:

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

El pan destinado al corte tiene que ser de buena calidad y tener determinadas cualidades: Miga blanca y resistente, estructura uniforme, fina, blanda, Corteza suave, conservación prolongada. Además debe ser capaz de resistir el corte de las cuchillas sin tendencia a desmoronarse.

Estos panes se cuecen en moldes rectangulares (Tejero Aparicio, 1992). La Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), hace referencia que los valores de ceniza en panes es máximo de 4 % en b.s, acidez máxima 0.5 % (expresado en ácido sulfúrico) y humedad máxima de 40 %.

a. Clasificación:

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

- ✓ Pan integral: Es el pan de molde elaborado con harina integral.
- ✓ Pan blanco: Es el pan de molde elaborado con harina, con un máximo de 82 % hasta 24 % de extracción.
- ✓ Pan corriente: Es el pan de molde elaborado con harina de más de 82 % hasta 86 % de extracción.
- ✓ Pan tostado de molde: Es el pan molde que ha sido tostado (o secado) bajo condiciones controladas.

b. Métodos de elaboración del pan de molde:

Los principales métodos de elaboración actualmente son:

- ✓ Método de masa directa, en este método todo los componentes de la masa son mezclados y combinados en una sola etapa. En el mezclado se trata de obtener una masa suave óptima de elasticidad. La masa se fermenta por 2 a 4 horas.
- ✓ Método de esponja, en este método el volumen de harina a utilizar es dividido en dos partes: una de ellas es mezclada con levadura y agua, dejándole fermentar cierto tiempo, a esta masa se le llama “esponja”, la cual se mezcla con la otra cantidad de harina y los otros ingredientes (masa). La cantidad de harina a utilizar en la “esponja” y en la masa está regulada por el tipo de harina y el tipo de producto a elaborar (Carrera , 1995).

1.2.2.El trigo (*Triticum vulgare*).

El trigo es un producto vegetal y la planta gramínea más ampliamente cultivada del mundo, es un cereal que produce granos, los mismos que son considerados como alimento que contienen nutrientes entre ellos: carbohidratos proteínas, grasas, minerales y vitaminas.

El trigo es una planta herbácea de la familia gramínea y género *triticum*, el trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. (Cauvain & Young, 2009).

1.2.2.1. Clasificación taxonómica del trigo:

División	: Cheteriodophitas
Clase	: Monocotiledónea
Subclase	: Angiospermas
Orden	: Cereales
Familia	: Gramínea
Género	: <i>Triticum</i>
Especie	: Vulgare

Nombre científico: *Triticum Vulgare*

Nombres comunes: Trigo

1.2.2.2. Harina de trigo:

La harina es el polvo que se obtiene de la molienda del grano de trigo maduro, entero o quebrado, limpio, sano y seco, en el que se elimina gran parte de la cascarilla (salvado) y el germen. El resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada. La harina contiene entre un 65 y un 70 % de almidones, pero su valor nutritivo fundamental está en su contenido, ya que tiene del 9 al 14 % de proteínas; siendo las más importantes la gliadina y la gluteína, además de contener otros componentes como celulosa, grasos y azúcar. La molienda de trigo consiste en separar el endospermo que contiene el almidón de las otras partes del grano. El trigo entero rinde más del 72 % de harina blanca y el resto es un subproducto, en la molienda el grano de trigo se somete a diversos tratamientos antes de convertirlo en harina (Cheftel & Cheftel, 1976).

1.2.2.2.1. Clasificación de la harina de trigo:

Del mismo modo (Tejero Aparicio, 1992) clasifica comercialmente las harinas en varios grupos, los más importantes son:

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

- b. **Harina Floja:** Se utiliza para preparar aquellas elaboraciones de pastelería y repostería que no se deben trabajarse excesivamente para evitar que tomen correa.
Si se elabora un pan esta harina presenta problemas en la fermentación, la masa no esponja tanto, hace que quede más apelmazado, y tiende a secarse rápidamente.

- c. **Harinas acondicionadas y enriquecidas:** Las harinas no siempre reúnen las condiciones óptimas para poder proporcionar un buen resultado en las elaboraciones de pastelería que deban prepararse utilizando tecnología moderna. En estas ocasiones se le añaden ciertos productos (aditivos) con objeto de mejorar el nivel de plasticidad de la masa obtenida y sus características organolépticas de sabor, aroma y color, así como reducir el tiempo de fermentación. En el caso de harinas enriquecidas únicamente se aumentan el número de nutrientes, por ejemplo las proteínas (De la Cruz, 2009).

1.2.2.2.2. Gluten:

Es una proteína ergástica amorfa que se encuentra en la semilla de muchos cereales combinada con almidón. Representa un 80 % de

las proteínas del trigo y está compuesta de gliadina y glutenina. El gluten es responsable de la elasticidad de la masa de harina, lo que permite su fermentación, así como la consistencia elástica y esponjosa de los panes y masas horneadas (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006). También el gluten es consideradas responsables de la formación de la estructura que retiene el gas dióxido de carbono de la masa de pan producido por las levaduras durante la panificación lo que induce el aumento de tamaño y/o volumen del pan (Dendy & Dobraszczyk, 2001).

1.2.2.2.3. Almidón:

Es el componente principal de la harina. Es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura experimenta un ligero hinchamiento de sus granos. El almidón está constituido por dos tipos de cadena:

- ✓ Amilosa: polímero de cadena lineal.
- ✓ Amilopectina polímero de cadena ramificada.

Junto con el almidón, vamos a encontrar unas enzimas que van a degradar un 10 % del almidón hasta azúcares simples, son la alfa y la beta amilasa. Estas enzimas van a degradar el almidón hasta dextrina, maltosa y glucosa que servirá de alimento a las levaduras durante la fermentación. Para (Merino Sauces, 2013), la elasticidad de los panes es mayor en aquellos elaborados con almidones. Un pan de alta calidad con un buen grado de frescura está relacionado con unos altos valores de elasticidad generando una textura y volumen adecuado.

1.2.2.3. Contenido aminoacídico del trigo en 100 g de muestra

Tabla 1:
Aminoácidos del trigo

mg/N	Composición
0.109	% Proteína
143.75	Lisina
100	Met. + Cist.
181.25	Treonina
75	Triptófano
331.25	Fenila + Tiros
250	Isoleucina
481.25	Leusina
281.25	Valina

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

1.2.3. Quinua:

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

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

La coloración de la quinua varía de verde claro en la variedad Nariño, hasta verde oscuro en Kcancolla; se transforman en amarillas, rojas o púrpuras según la madurez. La semilla de la quinua tiene forma lenticular o elípsoidal, en ella se pueden observar tres partes: Epispermo, perispermo y endospermo (Mujica, 1993)

Las estructuras principales que forman parte de un grano de quinua se presentan en la Figura (1) en donde se puede apreciar la radícula, parte fundamental en la elaboración de harina a base de quinua, al igual que la región de la unión donde se encuentra almacenada la mayoría de los nutrientes propios de la quinua. La cubierta de la semilla se denomina pericarpio, luego se encuentra el episperma en forma de una membrana delgada. La radícula está envuelta por el perisperma en forma de anillo. El perisperma contiene el almidón y, por lo general, es de color blanco. A continuación apreciamos el grano de quinua en la siguiente figura.

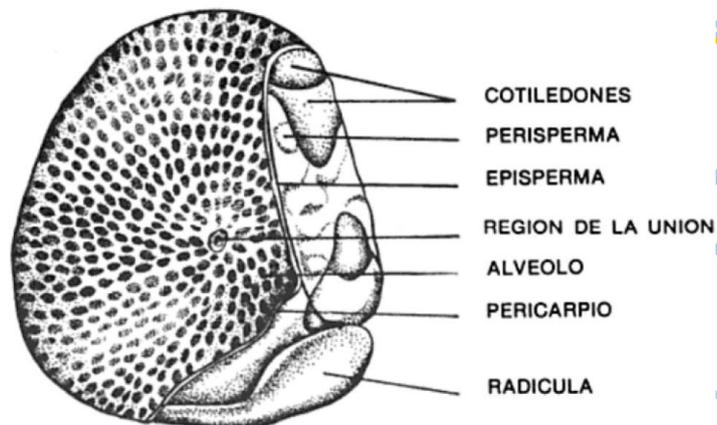


Figura 1: semilla de quinua

Fuente: (Mujica, 1993)

1.2.3.1. Clasificación taxonómica de la quinua:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Angiosperma
Subclase	: Dicotiledónea
Orden.	: Centrosperma
Familia	: Amarantaceae
Género	: <i>Chenopodium</i>
Especie	: quinua Willd.

Nombre científico: *Chenopodium quinoa* Willd

Nombres comunes: Quinoa, Quínoa, Arrocillo, trigo Inca, Kiuna (Quechua), Jiura (aymará), Quinhua (mapuche), Suba, Pasca (muisca) (Mujica, 1988)

1.2.3.2. Composición y valor nutricional y aminoacídico de la quinua:

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13.81 y 21.9 % dependiendo de la variedad. Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO.

La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos. Sin embargo, a pesar de su buen contenido de nutrientes, las investigaciones realizadas concluyen que los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. La quinua posee un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un

depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo.

La quinua es un cereal rico en lisina (Gil, 2010). El importante valor de la quinua como planta alimenticia radica en que el grano, las hojas y las inflorescencias son fuentes de proteínas de buena calidad (Ayala , Ortega, & Morón , 2001). La importancia de las proteínas de las especies andinas de quinua se basa en su calidad.

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

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

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

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

1.2.3.3. Comparación de la quinua con otros cereales

Las proteínas de la quinua radican principalmente en la albúmina y la globulina que tienen una composición balanceada de aminoácidos similar a la composición de la caseína que es la proteína de la leche (Repro Carrasco, Espinoza, & Jacobsen, 2003). En la Tabla (3) se muestra la comparación de la composición química de la quinua frente a otros cereales como trigo, avena, arroz y maíz en donde podemos observar que la quinua presenta porcentajes más altos en contenido de proteína.

Tabla 3:

Composición proximal en porcentaje de quinua y otros granos.

Grano	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra cruda
Quinua	10-13	3	12-19	5-10	61-74	2-3
Trigo	13	2	14	2	69	1
Arroz	15	1	8	1	78	2
Maíz	15	2	13	4	66	3

Fuente: (Ahamed, Singhal, Kulkami, & Pal, 1998)

1.2.3.4. Proteínas:

Las proteínas constituyen el tercer grupo de los macrocomponentes de los sistemas vivos y alimentos. Son polímeros de pesos moleculares que oscilan entre 10,000 y varios millones, y suele decirse que están provistas de una estructura muy compleja de hecho, buena parte de la estructura de las proteínas es bastante simple. Los monómeros de que están compuestas, los aminoácidos, se unen a través de un único tipo de enlace, el enlace peptídico. Los aminoácidos que forman parte de las proteínas son un número estrictamente limitado y la composición aminoacídica de las diversas proteínas es esencialmente común (Coulter, 2002).

1.2.3.5. Aminoácidos:

Un aminoácido es una molécula orgánica con un grupo amino (-NH₂) y un grupo carboxilo (-COOH). Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas. En el hidrolizado total de proteínas existen 20 aminoácidos que tienen, con algunas excepciones, la fórmula general se muestra en la siguiente figura (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009).

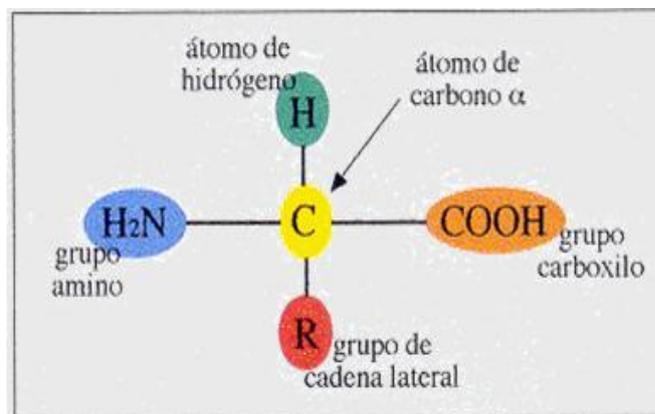


Figura 2: Fórmula general de un aminoácido

Fuente: <<http://bioquimicacetis110.blogspot.com/2009/02/31-estructura-y-nombre-de-aminoácidos-y.html>> (2014).

1.2.3.6. Contenido aminoacídico de quinua en 100 g de muestra:

A continuación se muestra la siguiente tabla del contenido de los principales aminoácidos de la quinua, que posteriormente serán utilizados para determinar el score químico.

Tabla 4:
Contenido de aminoácidos de la quinua (mg/N)

Aminoácido	mg/N
Lisina	460
Met. + Cist.	137.5
Treonina	281.875
Triptófano	81.25
Fenila + Tiros	253.125
Isoleucina	440.625
Leusina	426.875
Valina	211.25
Arginina	422.5
Histidina	176.25

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

1.2.4. Chía:

Pertenece a la familia de las labiadas, herbácea, crecen de 1 a 1.50 metros de altura, tallos cuadrangulares, acanalados, vellosos; hojas opuestas, pecioladas, aserradas y flores reunidas en espigas auxiliares o terminales. Cada fruto lleva cuatro semillas muy pequeñas en forma oval, lisas, brillantes, de color grisáceo con manchas rojizas. En la mayor parte de las variedades las flores son azules, pero en la llamada chía blanca, las flores, así como las semillas son blancas. Se cultiva para la producción de semilla de la que se obtienen hasta 3000 kg por hectárea. Se emplea para preparar bebidas refrescantes. Contiene fécula mucílago y aceite, éste en una proporción del 30 al 35 % (Ivana Capitani, 2013).

1.2.4.1. Clasificación taxonómica.

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Asteridae
Orden	: Lamiales
Familia	: Lamiaceae
Género	: <i>Salvia</i>
Especie	: <i>hispánica</i> L.

Nombre científico: *Salvia hispánica* L.

Nombres comunes: chia, salvia (Ivana Capitani, 2013).

1.2.4.2. Origen

De todas las materias primas utilizadas, sólo la linaza (*Linum usitatissimum* L.) y la chía (*Salvia hispánica* L.) tienen su origen en cultivos agrícolas. Ambas son especies vegetales con la mayor concentración de ácido graso alfa-linazalénico omega-3, conocida hasta la fecha. Estas semillas, son fuente de omega-3, a menudo se utilizan molidas como ingrediente alimenticio, o en forma natural como suplemento dietético. (Unión Química, 2010). Son de color oscuros debido a que presentan pigmentos naturales respecto a sus componentes (Sciarini, Pérez , Edel León , & Ribotta, 2012).

1.2.4.3. Chía una fuente natural de ácido graso omega -3 y antioxidantes:

La chía es la fuente más rica de ácidos grasos y antioxidantes naturales disponible como materia prima para su uso en alimentos funcionales, nutracéuticos y suplementos dietéticos.

La inigualable estabilidad de los ácidos omega-3 de la chía, es el resultado de los antioxidantes naturales que contiene. La oxidación de los lípidos alimenticios es la mayor preocupación tanto de los consumidores, como de los fabricantes; si no se controla, la oxidación, puede producir sabores extraños (el típico sabor a pescado) y también favorece el envejecimiento y las enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, cataratas, declinación del sistema inmunológico y disfunción cerebral. Los antioxidantes de la chía tienen una enorme ventaja sobre las demás fuentes de ácidos grasos omega-3. La chía utilizada como fuente de ácidos omega-3 no requiere el uso de antioxidantes artificiales como las vitaminas sintéticas. Las semillas de chía representan la fuente vegetal con más alta concentración de Omega 3. Poseen un 33 % de aceite, del cual el ácido linolénico representa el 62 % y el linoleico el 20 %. La chía es el cultivo con mayor porcentaje de AGE (ácido graso esencial) al tener el 82 % de sus lípidos con dicha característica.

Los ácidos grasos saturados de las dietas se asocian con las enfermedades cardiovasculares y su efecto sobre el colesterol de baja densidad en la sangre es más fuerte que el del colesterol dietético. Esta diferencia significativa entre la chía y las otras fuentes de omega-3 tiene implicaciones de gran importancia en la comercialización.

La chía no tiene colesterol. En esto difiere de la carne, aceite y harina de pescado que contienen cantidades muy significativas. Para los consumidores conscientes de la salud, esto le confiere a la chía dramáticas ventajas comerciales sobre los productos. Derivados del pescado. En el siguiente tabla podemos observar la composición química de chia (Unión Química, 2010).

A continuación se presentara la Tabla (5) con la composición de la chía, en 100 g.

Tabla 5:
Energía y composición de la semilla de chia

Grano	Energía kcal/100g	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos			Fibra	Ceniza
				%				
Chia	550	19-23	30-35	9-41	18-30	4-6		

Fuente: (Ayerza & Coartes , 2004)

1.2.4.4. Contenido aminoacídico de chia en 100 g de muestra:

Tabla 6:
Contenido de aminoácidos chia (mg/N)

Aminoácido	mg/N
Lisina	277.5
Met. + Cist.	114.375
Treonina	214.375
Fenila + Tiros	467.5
Isoleucina	200.625
Leusina	368.125
Valina	318.75

Fuente: (Ivana Capitani, 2013).

1.2.5. Levaduras:

La levadura prensada es el producto obtenido por proliferación del "***Saccharomyces cerevisiae***" de fermentación alta en medios azucarados adecuados. Las levaduras son seres microscópicos, de la familia de los hongos, cuya presencia se encuentra abundante en todas las partes de la tierra. Desempeñan un papel importante por su intervención en los ciclos biológicos naturales, transformando los azúcares en gas carbónico y alcohol (Humames Carrasco, 2011).

Según (Cheftel & Cheftel, 1976), las levaduras son un grupo de hongos caracterizados por su capacidad de transformar los azúcares en anhídrido carbónico, alcohol y energía, mediante mecanismos reductores u oxidantes. Su reproducción es por gemación, particularmente activa en aerobiosis. Para la fermentación de masas se emplean levaduras del género ***Saccharomyces cerevisiae***, capaz de fermentar azúcares produciendo anhídrido carbónico, alcohol y energía.

Es un conglomerado de microorganismos que actúa sobre la masa de la harina panadera y provoca en ella la fermentación de la glucosa, originando alcohol y anhídrido carbónico (CO₂). Este último gas facilita la subida del pan y le proporciona su estructura alveolada. La levadura influye también sobre el color de la corteza del pan y genera una serie de productos volátiles, que generan en la masa y en el pan obtenido finalmente un olor característico (Falder Rivero, 2007).

1.2.5.1. Fermentación:

(Calaveras , 1996). Afirma que "en cualquier fermentación panaria deben producirse tres etapas fundamentales. En la fermentación se ve el crecimiento de las burbujas de gas el cual es responsable del aumento de volumen de la masa, así como la textura del producto horneado (Collar & Bollaín , 2005)

1ª Etapa.- Es una fermentación muy rápida y que dura relativamente poco tiempo. Se inicia en la amasadora al poco tiempo de añadir la levadura ya que las células de *Saccharomyces cerevisiae* comienzan la metabolización de los primeros azúcares libres existentes en la harina.

2ª Etapa.- Es en esta etapa donde ya se produce la mayor cantidad de fermentación alcohólica pero donde a su vez comienza a producirse las distintas fermentaciones complementarias como son la fermentación butírica, láctica y acética. Este tiempo puede comprenderse desde el reposo de la masa hasta la fermentación de las piezas de pan, siendo estos tiempos bastante largos.

3ª Etapa.- Esta es la última y normalmente es una fermentación de corto tiempo, aunque tiene mucho que ver el tamaño de la pieza. Ya que se finaliza cuando el interior de la pieza de pan posee 55 °C pues a dicha temperatura las células de la levadura mueren, como la fermentación más importante es la alcohólica. La cual consiste en la transformación de glucosa en etanol y CO₂ siendo característica de las levaduras, a continuación se muestra la ecuación de la fermentación alcohólica:



Azúcar \longrightarrow Alcohol + Anh. Carbónico

(Rivera, 2006).

Aproximadamente el 90 % de los azúcares siguen este proceso fermentativo y el 10 % restante en la práctica, sufren fermentaciones diferentes originando diversos ácidos y otros compuestos, en donde ocurre aumento de volumen de la pieza, textura fina y ligera, producción de aromas.

En la fermentación de panes enriquecidos (Rivera, 2006), menciona que las sustituciones afectan el comportamiento del mezclado y llega un momento en que no hay tenacidad ni elasticidad para resistir a la presión de los gases produciendo un pan pequeño.

1.2.6. Cómputo o score químico:

Los métodos más comunes para determinar la calidad de las proteínas alimenticias se dividen en químicos y biológicos.

Dentro de los métodos químicos se encuentra el método de cómputo químico, conocido como puntaje químico, número químico o score químico propuesto por Mitchell y Block (1946), este método se basa en calcular el porcentaje de presencia de los aminoácidos esenciales, con respecto al patrón de referencia de aminoácidos esenciales para niños mayores de un año y adultos g/100 g (FAO, 1985). El porcentaje del aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100 % y equivale al de una proteína ideal o de referencia por el contrario, si una proteína es carente en un aminoácidos esenciales su SQ es cero.

Los patrones de referencia, reciben este nombre debido a que son proteínas que permiten una óptima síntesis proteica por lo que son utilizados como modelos, referencias o mezclas aminoacídicas deseables. El cómputo aminoacídico califica las proteínas, estableciendo una comparación porcentual entre la composición aminoacídica de una proteína patrón que garantiza una óptima síntesis proteica y la composición aminoacídica de la proteína o mezcla proteica a evaluar (De la Cruz, 2009).

1.2.6.1. Aminoácido esencial:

Los aminoácidos son clasificados como esenciales, si la síntesis corporal es inadecuada para las necesidades metabólicas, un aminoácido es clasificado como esencial y debe ser suplido por la dieta. Los aminoácidos esenciales incluyen leucina, isoleucina, valina, triptófano, fenilalanina, metionina, treonina, lisina, histidina y posiblemente arginina (De la Cruz, 2009).

1.2.6.2. Aminoácido limitante:

Los aminoácidos funcionan con los componentes básicos de las proteínas. Químicamente los aminoácidos son compuestos orgánicos que contienen un grupo amino (NH₂) y un grupo carboxilo (COOH). Pueden ser sintetizados por el cuerpo en cantidades adecuadas. El aminoácido esencial presente en concentración más baja en una proteína, comparado con una proteína de referencia se denomina “aminoácido limitante” (Pinto Kramer , Brito , & Beccio , 2006).

1.2.7. Puntaje de aminoácidos corregido por digestibilidad (PDCAAS)

Actualmente el método de referencia adoptado internacionalmente para evaluar la calidad nutricional relativa de diferentes fuentes de proteínas es el puntaje de aminoácidos o score corregido por digestibilidad protéica (PDCAAS). Este procedimiento propuesto por FAO (1991) se utilizó para determinar la calidad proteica de alimentos de consumo habitual. Mediante la complementación proteica se puede mejorar la calidad de las proteínas presentes en alimentos realizando mezclas entre ellas y así eliminar o disminuir el déficit de aminoácidos indispensables y/ o mejorar su digestibilidad. (Pinto Kramer , Brito , & Beccio , 2006). Existen diferentes métodos para determinar el esocre químico. Los métodos químicos por su parte miden el contenido de aminoácidos indispensables y lo comparan con los patrones de referencia establecidos por instituciones internacionales. Los métodos enzimáticos estiman la digestibilidad de la proteína *in vitro* mediante la acción de proteasas. Los métodos microbiológicos evalúan el crecimiento de microorganismos cuyos requerimientos de aminoácidos indispensables son similares a los del ser humano (Badui Dergal , 2006).

1.2.7.1. Digestibilidad protéica:

Se define como la proporción de una proteína que normalmente es absorbida por el tracto gastrointestinal. De aquí deriva el término

utilización proteica neta (UPN) que es la relación entre nitrógeno retenido / ingerido (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006).

1.2.8. Análisis sensorial:

Se define el análisis sensorial como una disciplina usada para medir, analizar e interpretar reacciones producidas por las características de los alimentos y materiales, como son percibidas por órganos de la vista, gusto, tacto, olfato y oído. También puede ser definida como la disciplina independiente, capaz de producir resultados precisos y reproducibles, tanto sobre aspectos cualitativos como cuantitativos de los alimentos. Actualmente el término que mejor se adapta a la definición mencionada es el de “análisis sensorial”. Debe ser practicado por un grupo de personas denominados “equipo de degustadores”, “panel sensorial”, “panel de jueces”, “panel de catadores”. También podemos utilizar el siguiente concepto “la evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos”.

La evaluación sensorial tiene múltiples aplicaciones en alimentos. Puede ser utilizada para el desarrollo de productos o el mejoramiento de los ya existentes, para efectuar cambios en el proceso, o incluso para poder determinar la correlación entre la evaluación sensorial e índices físico químicos (Espinoza Atencia, 2007). Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades (atributos) que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos. (Anzaldúa Morales , 1994). A continuación se describen algunos atributos:

a. El sabor:

Este es muy complejo, ya que combina tres propiedades: el aroma, el olor y el gusto. El sabor es una suma de las tres características; y por lo tanto su apreciación y medición son más complejas que las de cada propiedad por separado. El sabor es lo que diferencia a un alimento de otro y no el gusto, ya que si se prueba un alimento con los ojos cerrados y la nariz tapada, solamente se podría juzgar si es dulce, salado, amargo o ácido.

El sabor de los alimentos es el resultado de la percepción de los estímulos gustativos, esta es causada por presencia de componentes volátiles y no volátiles del alimento saboreado en la boca. El sabor se percibe principalmente por la lengua, aunque también por la cavidad bucal (por el paladar blando pared posterior de la faringe y la epiglotis). Las papilas gustativas de la lengua registran los 4 sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo, en determinadas zonas preferenciales de la lengua, así, lo dulce en la punta, lo amargo en el extremo posterior y lo salado y ácido en los bordes (Sancho Valls, Bota , & De Castro J., 2002). En los panes, las reacciones enzimáticas y posibles fermentaciones influyen el sabor de la miga de pan, considerando que las reacciones del calor afectan al sabor de la corteza del pan. Consecuentemente, la corteza y la miga del pan tienen diversas características de sabor (Kirchhoff & Schieberle, 2001). La degradación del gusto del pan se relaciona con las técnicas de fabricación modernas y la velocidad de la producción en grande del pan (Wirtz, 2003).

b. Color :

Esta propiedad es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto. El color es la cualidad de la sensación provocada en la retina de un observador por ondas luminosas. El cual resulta de la interacción de la luz en la retina y un componente físico que depende de las características de la luz (Sancho Valls, Bota , & De Castro J., 2002).

El color puede ser medido instrumentalmente de manera más efectiva en forma visual. Existen colorímetros especialmente diseñados para alimentos, incluso frutas enteras, granos o alimentos en polvo, pero resultan muy costosos y requieren de un manejo cuidadoso y de mantenimiento especializado (Hernández Hernández, 2003)

c. Olor:

El olor es la separación, por medio de la nariz de sustancias volátiles liberados en los objetos. Una característica importante del olor es la intensidad o potencia de este. Además, la relación entre el olor y el tiempo es muy importante, ya que el olor es una propiedad sensorial que

presenta 2 atributos, contradictorios entre sí, en los cuales está involucrado el tiempo. El primero es la persistencia, o sea, que aun después de haberse retirado la sustancia olorosa, la persona continúa percibiendo el olor. Esto se debe a que las fosas nasales y la mucosa que recubre el interior de estas quedan saturadas la sustancia volátil.

d. Textura:

Son los atributos mecánicos geométricos de un alimento perceptible al momento de consumirlos (Espinoza Atencia, 2007).

Conjunto de atributos que son apreciados por los sentidos de la vista, el tacto, el oído, y que hacen referencia a la impresión percibida de su peculiaridad física, en cuanto resultado de una deformación sufrida por el alimentos. En cierto modo viene a ser una manifestación del modo como son estimulados los receptores mecánicos de la boca durante la degustación del producto (Bello Gutiérrez, 2000).

La textura de un alimento se define como las propiedades que se detectan por el tacto en la boca y con las manos (Esteller, Amaral , & Lannes, 2004). Usamos muchas palabras para describir la textura de los alimentos. Los alimentos pueden ser suaves o duros, blandos o crujientes, lisos o nodulares. La textura es importante para disfrutar y aceptar los alimentos. (Cauvain & Young, 2009). Un pan de alta calidad con un buen grado de frescura está relacionado con unos altos valores de elasticidad, sin embargo, un pan con bajos valores de elasticidad tiende a desmigajarse cuando se le rebana, es decir tiene mala textura (Mc Carty, Gallagher, Gormley, Schober, & Arendt, 2005).

1.2.8.1. Prueba de aceptación:

El que un alimento le guste a alguien no quiere decir que a esa persona vaya a querer comprarlo. El deseo de una persona para adquirir un producto es lo que se llama aceptación, y no solo depende de la impresión agradable o desagradable que el juez reciba al probar un alimento sino también de aspectos culturales, socioeconómicos,

hábitos, etc. En la figura se muestra la relación entre los sentidos del juez o catador y las características a ser evaluadas, debido a que los sentidos analizan mediante sensaciones las características del producto.

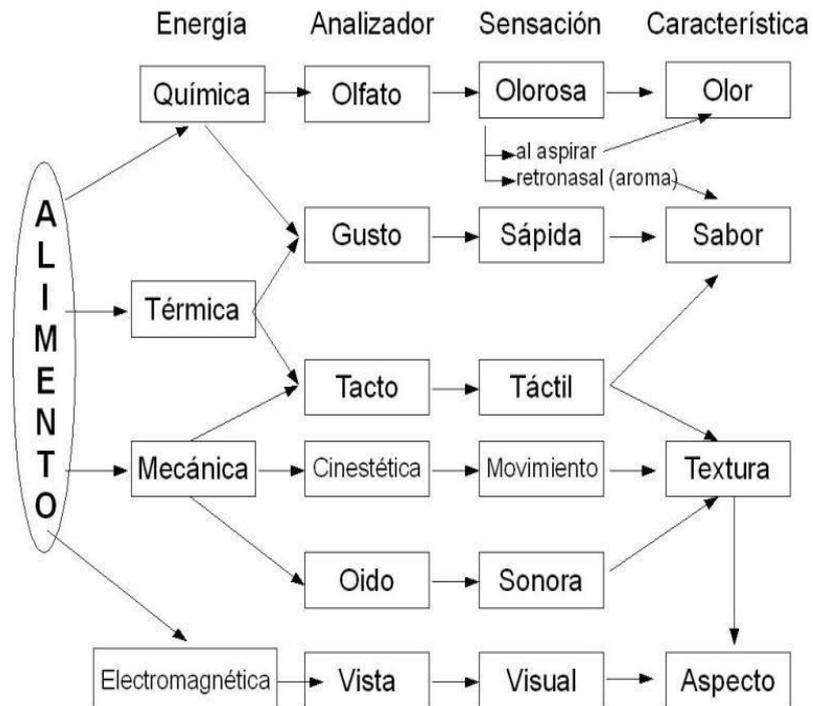


Figura 3: Proceso de un análisis sensorial

Fuente: <<http://www.ecured.cu/index.php/Archivo:Analisis-Sensorial.jpg>> (2014)

1.2.9. Color :

El color es la sensación producida por los rayos luminosos al impresionar los órganos visuales (ojos) en función de la longitud de onda. Es un fenómeno físico asociado a las infinitas combinaciones de la luz, relacionado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético, que perciben las personas y animales a través de los órganos de la visión, como una sensación que nos permite diferenciar los objetos con mayor precisión.

Se define como la sensación visual que se origina por la estimulación de la retina del ojo. En la vida diaria, estamos rodeados por la naturaleza y por

objetos que tienen colores bien conocidos, por ejemplo: la manzana roja, el cielo azul, el pasto verde, la casa blanca, el carro gris, la puerta café, etc. Sin embargo existen diferencias de observación que pueden definir el mismo color de manera diferente, ya que la percepción visual de cada persona varía de acuerdo a su conocimiento, criterio, sensibilidad o experiencia, por lo que la expresión verbal de los colores es subjetiva y compleja, ya que también hay factores que intervienen en la apariencia de éstos, como son: la fuente de luz; el observador; el tamaño; el fondo; el ángulo de observación; entre otros. Sin embargo estos pueden ser medidos numéricamente mediante un colorímetro. (Granville, 2002).

1.2.9.1. Percepción de color:

La percepción del color incluye tres elementos necesarios:

- ✓ Fuente de Luz, la luz es una forma de energía y se propaga en forma de ondas electromagnéticas. Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes, las ondas reflejadas son captadas por el ojo.
- ✓ Objeto, Las radiaciones de iluminación son modificadas por el objeto mediante procesos físicos como la transmisión, reflexión, absorción y dispersión.
- ✓ Observador, Los detectores comunes de la luz y el color son el ojo, el sistema nervioso y el cerebro. (Granville, 2002)

A continuación presentamos la Figura (4) de los elementos para la percepción del color.

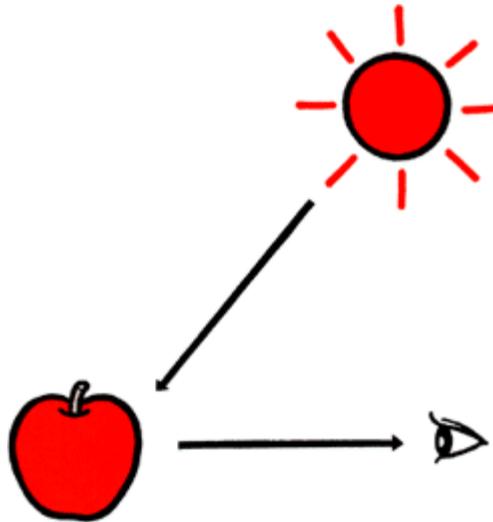


Figura 4: Elementos para la percepción del color.

Fuente: (Granville, 2002).

1.2.9.2. Sistemas de color CIE:

La CIE o Commission Internationale del Eclairage (que se traduce como Comisión Internacional de la Iluminación) es la institución responsable de las recomendaciones internacionales para la fotometría y colorimetría. En 1931 la CIE estandarizó los sistemas de orden de color especificando las fuentes de luz (o iluminantes), el observador y la metodología usada para encontrar los valores para la descripción del color (Delmoro, Muños , Nadal , Clementz, & Pranzetti, 2010).

1.2.9.3. Cielab ($L^*a^*b^*$):

Las características cromáticas CIELAB; En la actualidad se está implantando en los ámbitos alimentarios el sistema de coordenadas de color de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) que permite una medida precisa de la percepción visual del color de un objeto, y por lo tanto también podemos considerar el color del pan molde tanto a la corteza como a la miga. La Comisión Internacional de la iluminación (CIE) estableció en 1986 unas normativas respecto a la medida del

color, especificando un espacio de color a utilizar, de tal modo que los resultados numéricos obtenidos se ajustaran en la mayor medida posible a la sensación visual humana.

Cuando un color se expresa en CIELAB, la L^* define la claridad, a^* denota el valor rojo/verde y b^* el valor amarillo/azul. (Delmoro, Muños , Nadal , Clementz, & Pranzetti, 2010).

a^* : índice de rojo. (Los valores pueden ser positivos e indican la cantidad de componente rojo, o negativos que equivale al componente verde).

b^* : índice de amarillo. (Los valores positivos representan el componente amarillo y los negativos el azul).

L^* : luminosidad. (Sólo se obtienen valores positivos y se mide en una escala de 0 – 100).

A continuación apreciaremos la figura de la carta de color del sistema $L^*a^*b^*$.

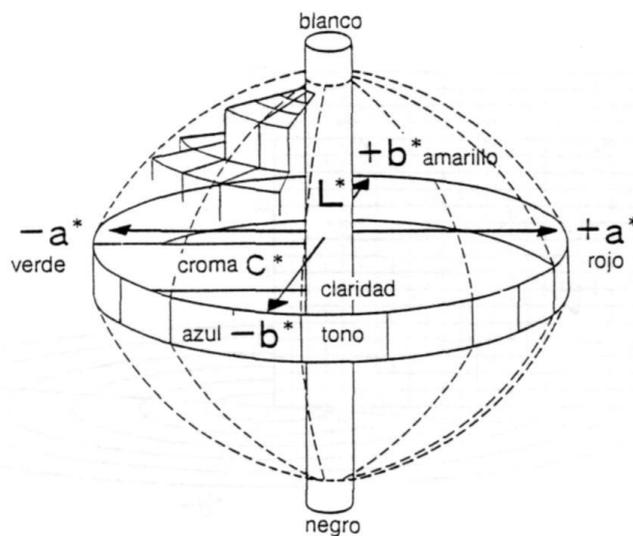


Figura 5: Diagrama tridimensional de la carta de color del sistema $L^*a^*b^*$.

Fuente: (Huamancondor Paz & Olivos Milla, 2013)

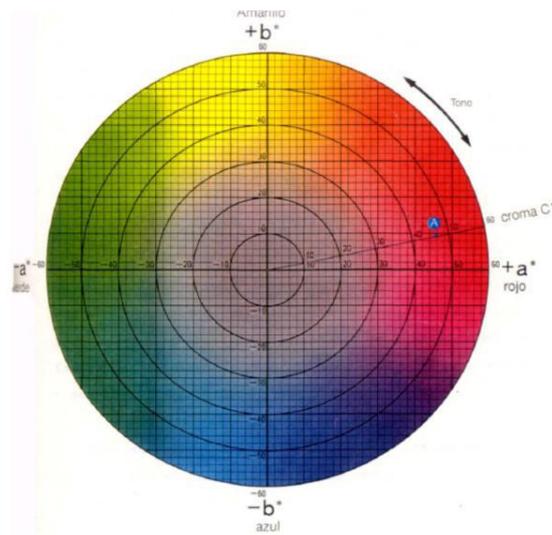


Figura 6: Grafica de la carta de color en el sistema L*a*b*

Fuente: (Huamancondor Paz & Olivos Milla, 2013)

1.2.9.4. Colorímetro

Un instrumento de medición óptica que responde al color de manera similar al ojo humano - filtrando la luz reflejada en sus regiones dominantes de rojo, verde y azul. Pueden utilizarse para medir sólidos, pastas, gránulos, polvos y líquidos. Además que los valores de color son numéricos por lo que puedes diferenciar con facilidad el color de un determinado producto (Huamancondor Paz & Olivos Milla, 2013).

1.2.10. Ingredientes y sus funciones

1.2.10.1. Harina de trigo

La harina es un producto que se obtiene de la molienda y el cernido del trigo, después de separados la cáscara, el afrecho y el germen. Es de color marfil, fina y muy suave al tacto (semilla reducida a polvo). Es que le confiere elasticidad a la masa debido al contenido de gluten. (Baños Espinoza, 2007).

1.2.10.2. Harina de quinua

La harina de quinua es el producto que se obtiene de la molienda del grano de quinua, sano y exento de impurezas, desaponificado, lavado y secado. La importancia de la adición de harina de quinua es mejorar sus propiedades nutricionales (De la Cruz, 2009).

(Heiniö, 2003), menciona que cuando se muele el grano completo de quinua y se utiliza en panificación hace que un pan tenga menor volumen y tenga la corteza y la miga más oscura.

1.2.10.3. Harina de chia.

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

1.2.10.4. Levadura

Son empleadas como agentes esponjantes de la masa, especialmente en la elaboración del pan blanco y muchos productos de repostería. Las levaduras tienen como función primordial la metabolización de los azúcares fermentantes presentes en la masa, así como también la producción de CO₂ como producto de desecho, el cual es utilizado en la masa como leudante, que ayuda a incrementar el volumen de la misma. La levadura no sólo ayuda al incremento de volumen en la masa, si no también que modifica las características de elasticidad, adhesividad, así como también contribuye en el aroma del pan (Falder Rivero, 2007).

1.2.10.5. Líquido

En la actualidad se está utilizando en conjunto tanto el agua como la leche con los demás ingredientes. Varios puntos se debe tomar en cuenta para la utilización del agua en panificación, como son: la cantidad, la calidad, la temperatura y su pureza. El agua tiene una función nutritiva para la levadura, no es posible hacer un cálculo exacto de la cantidad de agua a emplear ya que se busca una consistencia, apreciable al tacto, que facilite el trabajo con la masa. Si se añade poco agua, la masa se desarrolla mal en el horno, mientras un exceso hace que la masa resulte pegajosa y se afloje quedando el pan con una forma aplanada. Es esencial para la hidrólisis del almidón y la sacarosa. El agua hidrata el almidón y la proteína de la harina esencial para el desarrollo del gluten a medida que la masa se manipula (Tejero Aparicio, 1992).

1.2.10.6. Sal

La sal aparte de darle un buen sabor al pan, tiene otras funciones más importantes como fortalecer el gluten actúa sobre la formación de este aumentando la fuerza y la tenacidad a medida que la dosificación aumenta.

La sal también aumenta la absorción de agua. Con la presencia de la sal en la masa el gluten absorbe más agua, es decir, aumenta la fijación del agua al gluten. Al igual la sal que frena la actividad de la levadura. El exceso de sal tiende a reducir la capacidad de la levadura, incluso puede detener la fermentación. La falta de sal puede ocasionar: panes insípidos; fermentaciones muy rápidas con panes de excesivo volumen y corteza muy fina, pero a su vez durante la fermentación, hay una tendencia a debilitarse y son piezas que hay que trabajar con cuidado; masas pegajosas y muy blandas durante el masado, lo que no ayuda a dar firmeza al pan; panes con corteza descolorida (Tejero Aparicio, 1992).

1.2.10.7. Azúcar

El azúcar principalmente sirve como fuente de fermentación y contribuye al sabor en el caso de panes dulces. En ausencia de azúcar agregada, la producción de bióxido por las células de levadura se limita y se retarda. Los azúcares reducidos que permanecen en la masa cuando se lleva al horno, ayuda en la coloración del pan debido a la caramelización (Calaveras , 1996).

1.2.10.8. Grasas

Las grasas son aquellos productos de origen animal, vegetal o sus mezclas, que tienen como constituyentes principales los glicéridos de los ácidos grasos. La grasa hace que el producto sea más suave y la cubierta se tueste mejor, aumenta el valor nutritivo así como también resalta el sabor y le da a la masa flexibilidad (Tejero Aparicio, 1992).

1.2.10.9. Mejoradores

Según (Calaveras , 1996) “El mejorador es un producto de alto rendimiento que refuerza y acondiciona la masa. Esta elaborado con insumos naturales que estimulan la actividad de la levadura especialmente para procesos directos y tipo esponja y el mejorador ayuda a dar textura a la masa y mejora la retención de gas permitiéndole una mayor tolerancia en el tiempo de desarrollo de los panes antes de ir al horno.” De igual forma (Tejero Aparicio, 1992) establece las siguientes ventajas al utilizar el mejorador:

- ✓ Ayuda a tener una fermentación controlada una producción de alta calidad.
- ✓ No contiene químicos cancerígenos. Es un producto totalmente orgánico.
- ✓ Incrementa la conservación del producto final.
- ✓ Mayor volumen de los panes.

- ✓ Ayuda a producir un pan más uniforme.
- ✓ Acorta el tiempo de amasado.

Según (Tejero Aparicio, 1992). Los mejoradores completos para la bollería congelada se encuentran compuestos de los siguientes principios activos:

Ácido ascórbico: en una cantidad de 10 y 15 g/100 kg de harina.

DATA E-472e): en una dosis de 2 g/kg de harina.

Monoglicérido destilado (E-471): en una dosis de 4 g/kg de harina.

Un complejo enzimático compuesto por enzimas alfa-amilasas (α -amilasas) fúngicas de actividad intermedia, amilogucosidasas y hemicelulasa (Alvares & Tuca, 2009).

1.2.10.10.Emulsificantes

Como los Glicéridos, Gliceridos (mono y di) de ácidos grasos dietéticos, Lecitina, Esteres poliglicerol, Esteres propilengicol de ácidos grasos, Aceite de soya, Esteres estearil, ácido dactílico-2-estearol, etc. Los emulsificantes favorecen la mezcla de las moléculas de agua y grasa en la formación de la masa. (Tejero Aparicio, 1992)

1.2.10.11.Conservadores

Como ácido propiónico y sus sales de Ca y Na (4000 mg/kg), ácido sórbico y sus sales de Ca, K y Na (1500 mg/kg). Estos aditivos prolongan el tiempo de vida útil del producto. (Bello Gutiérrez, 2000).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente los constantes cambios en Ciencia y Tecnología de nuestro país han obligado a la industria a implementar alimentos enriquecidos y con un alto contenido protéico, supliendo así deficiencias en la alimentación. Con miras a mejorar la calidad y aportes nutricionales en los productos de panificación, se desea elaborar pan de molde enriquecido por harina de quinua y chia que permita ofrecer un producto panificable, aprovechando los altos índices protéicos que posee la quinua y chia además de omega-3 de fuente natural dándole así un valor agregado al producto pan de molde (Alvares & Tucsa, 2009).

El pan es uno de los alimentos básicos de la alimentación cuyo ingrediente principal es la harina de trigo, la misma que es deficiente en lisina. Ésta deficiencia aminoacídica del pan puede ser superada con el enriquecimiento de productos ricos en lisina como la procedente del grano de quinua cuya calidad proteica es reconocida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1985), potenciando su uso para mejorar los niveles nutricionales de nuestra población. Desde el punto de vista nutricional y alimentario, la quinua es la fuente natural de proteína y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales, necesarios para el buen desarrollo del organismo humano (De la Cruz, 2009).

Recientemente se observa una inclinación por alimentos novedosos, pero sobre todo naturales. Es por esto que la sociedad está cambiando sus costumbres alimenticias, y no sólo consumen productos tradicionales, sino que buscan aquellos que brinden una mayor cantidad de nutrientes para mantenerse saludables.

Se realizó la investigación en donde se determinó las propiedades físicas, químicas y organolépticas de pan tipo molde enriquecidas con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Will*) y chia (*Salvia hispanica L*). Con la finalidad de mejorar la calidad nutricional del pan. Debido a que la quinua y la chia son granos que presentan en su composición aminoácidos esenciales y omega-3 que no tiene la harina de trigo. Es por ello que se busca realizar una complementación para mejorar la calidad proteica en el pan tipo molde. En la actualidad existen tantas variaciones en color, sabor, olor y textura de productos de panificación se aportará

información sobre otra forma de enriquecer el pan tipo molde con productos que se producen en nuestra región y el departamento de Apurímac.

Este producto debe asegurar una calidad y unos aportes nutricionales que sean capaces de competir en el mercado con productores de panes integrales, elaborados con harinas de otros cereales, que sean aprovechables y brinden una alimentación sana. El aporte nutricional que ofrecerá el producto será un aumento en la cantidad de proteína y otros nutrientes. Es importante obtener un pan con buena calidad y aceptación frente a los consumidores es por eso que se evaluará las propiedades físicas, químicas y organolépticas, para obtener un buen producto final.

1.4. PROBLEMA

¿Cuál es el efecto de enriquecer con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y chia (*Salvia hispanica L*) en las propiedades físicas, químicas y organolépticas al pan tipo molde?

1.5. HIPÓTESIS

El enriquecimiento con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y chia (*Salvia hispanica L.*) mejora significativamente las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde.

1.6. OBJETIVOS:

1.6.1.General:

- ✓ Evaluar las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecida con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y chia (*Salvia hispanica L.*).

1.6.2.Específicos:

- ✓ Determinar las propiedades químicas (% de proteínas, carbohidratos, lípidos, ceniza, fibra, acidez y pH) del pan tipo molde enriquecida con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y chia (*Salvia hispanica L.*).
- ✓ Determinar las propiedades físicas (volumen, textura, humedad, estructura de miga, pérdida de peso en el proceso y color) del pan tipo molde enriquecida con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y chia (*Salvia hispanica L.*).
- ✓ Evaluar las principales características organolépticas del pan tipo molde enriquecida con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y chia (*Salvia hispanica L.*).
- ✓ Determinar el score químico y el PDCAAS (aminoácido corregido por digestibilidad protéica) a las mezclas de harinas del pan molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y chia (*Salvia hispanica L.*).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Para la investigación se elaboraron panes de molde en el centro de producción de panificación de la “Universidad Nacional José María Arguedas”, en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, en Santa Rosa–Talavera. El trabajo de investigación se ejecutó en el módulo de panificación, laboratorio procesos agroindustriales y laboratorio de control de calidad, de la universidad en mención.

Se realizó pruebas experimentales en el laboratorio de investigación e instrumentación (textura y color) y en el laboratorio de análisis fisicoquímico de alimentos (análisis proximal) de la Facultad de Industrias Alimentarias en la “Universidad Nacional Agraria la Molina”, ubicada en la ciudad de Lima.

2.2. MATERIAL DE ESTUDIO

Para la producción, se utilizarón semillas de chia (*Salvia hispanica* L.) en cantidad de 10 kg que fueron cosechados en mayo del 2014, teniendo en cuenta la madures adecuada, estas semillas fueron obtenidas de la comunidad de Pariabamba, distrito de Uranmarca, Provincia de Chincheros, Departamento de Apurímac y posteriormente fueron almacenados en un ambiente seco las semillas fueron proporcionadas por la Agencia Agraria de la Provincia de Chincheros. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) fue obtenida en cantidad de 15 kg, que fueron cosechados en el mes de mayo del 2014, cosechadas de la localidad de Posocoy, Distrito de Talavera los granos fueron proporcionados por la Oficina Municipal de Promoción Empresarial (OMPE) de la municipalidad distrital de Talavera, Provincia de Andahuaylas, Departamento de Apurímac. De igual forma fue almacenada en un ambiente seco, la variedad utilizada fue la variedad Blanca de Junín. Las semillas fueron de buena calidad y sin daños con la madures adecuada, se determina cuando las hojas inferiores se vuelven amarillentas y empiezan a caerse. Se tiene que tener mucho cuidado en la cosecha (siega o

corte, trilla o separación de granos, venteo y limpieza), después de obtener las semillas con la calidad adecuada se tomó quinua 15 kg y chia 10 kg.

2.2.1. Universo y/o población

El universo de estudio están constituidos por panes tipo moldes, que serán enriquecidos con las harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de la variedad Blanca de Junín y chia (*Salvia hispanica L.*). La quinua adquirida de la localidad de Posocoy, Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas, Región de Apurímac y la chia de la comunidad de Pariabamba, Distrito de Uranmarca, Provincia de Chincheros, Región de Apurímac. Que posteriormente fueron procesadas en harinas. También se utilizó harina de trigo especial. Estas tres variedades de harinas fueron utilizadas en la producción de panes.

2.2.2. Muestra

Son los panes elaborados en base a las restricciones que se muestran en la Tabla (6), se obtuvieron combinaciones (mezclas) de harinas que fueron usadas para elaborar los panes tipo molde. Se escogió 05 muestras las cuales presentaban mejor score químico y además una muestra patrón que constara solo con la composición de trigo al 100 %, en total se tendrá 06 muestras de panes.

2.2.3. Unidad de análisis

Son las fracciones o tajadas de panes tipo molde enriquecidas con harina de quinua y chia utilizadas para la evaluación en cada prueba experimental. A continuación se muestra la matriz de consistencia donde se puede observar los tratamientos con sus respectivos porcentajes de harinas para las mezclas.

Tabla 7:

Matriz de diseño experimental.

TRATAMIENTOS	FACTORES			propiedades físicas, químicas y organolépticas
	Harina de quinua	Harina de chia	Harina de trigo	
T1	20 %	5 %	75 %	
T2	20 %	10 %	70 %	
T3	17.5 %	6.25 %	76.25 %	
T4	17.5 %	8.75 %	73.75 %	
T5	20 %	7.5 %	72.5 %	
T6	0 %	0 %	100 %	

T1-T5: Correspondan a todos los tratamientos que presentaron mejor resultado en la evaluación del escore aminoacídico.

T6: Tratamiento testigo

2.3. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN

Se utilizó un diseño de mezclas, debido a que las respuestas dependen únicamente de las proporciones de los ingredientes presentes en la mezcla. La característica distintiva de un diseño de mezcla es que los factores controlables o independientes representan cantidades proporcionales de la mezcla. Si X_1, X_2, \dots, X_p denota las proporciones de P componentes de una mezcla (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008)

Donde se cumple:

$$0 \leq X_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, P$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_p = 1 \text{ (Es decir, 100 \%)} \dots\dots\dots\text{Ec. (02)}$$

Para poder determinar las restricciones de la mezcla se determinaron en base a los antecedentes como es evidente, no se puede lograr una mezcla con 100 % de harina de quinua o 100 % harina de chia por lo que el diseño tuvo restricciones correspondientes a los límites máximos y mínimos de cada uno de los componentes, los mismos que fueron definidos:

- ✓ Para la harina quinua: el límite mínimo es 10 % (0.10) y el límite máximo es 20 % (0.20) masa total (García García, 2011).
- ✓ Para la harina de chia: el límite mínimo 5 % (0.05) y el límite máximo 10 % (0.10) masa total (Bautista Justo & Barrón Martínez, 2012).
- ✓ Para el trigo: Se determinó por diferencia de 85 % (0.85) a 70 % (0.70) de la masa total en el diseño de mezclas.

Se tuvo como variables de entrada o independientes: a la harina de trigo, harina de quinua y harina de chíá, en el trabajo se consideraron como también como variable de respuesta o salida:

- ✓ Propiedades físicas: volumen, textura, humedad y estructura de la miga, pérdida de peso en el proceso y color.
- ✓ Propiedades químicas: proteínas, carbohidratos, lípidos, cenizas, fibra, acidez y pH.
- ✓ Propiedades organolépticas: color, olor, sabor, dureza, gomosidad y apariencia general.

A continuación se muestra la Figura (7) del diagrama de contrastación.

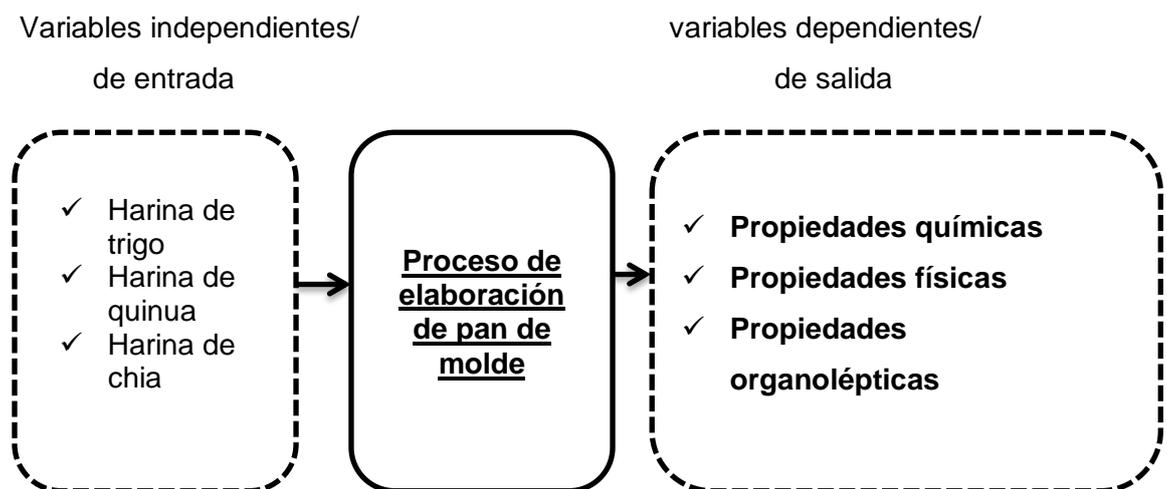


Figura 7: Diagrama de contrastación y variables.

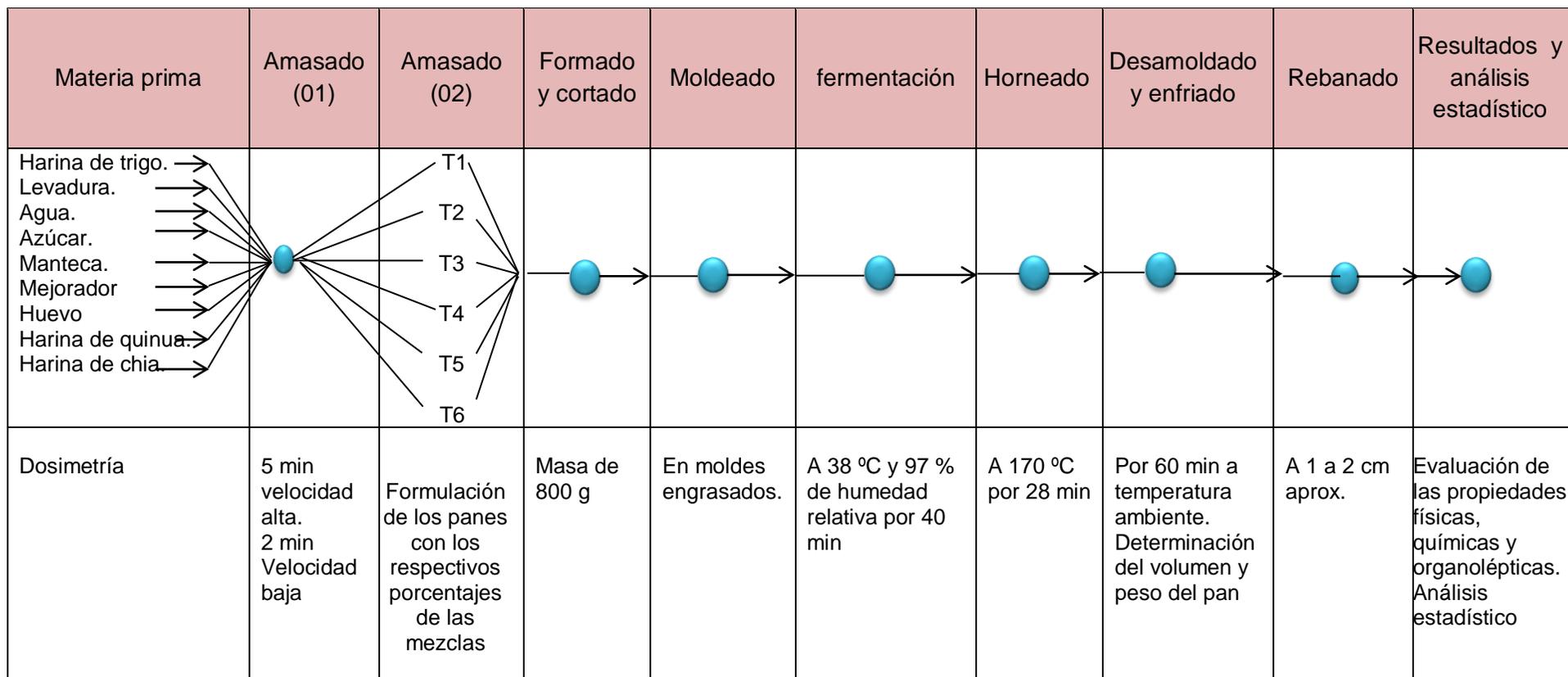


Figura 8: Diagrama de las etapas donde se determinaron las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecida con harina de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y Chia (*Salvia hispanica* L.).

2.4. ANÁLISIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

La característica distintiva de un diseño de mezcla es que los factores controlables o independientes representan cantidades proporcionales de la mezcla, en vez de cantidades no circunscritas a ella; donde las proporciones son por volumen, por peso, o por fracción molar.

Si X_1, X_2, \dots, X_p denota las proporciones de p componentes de una mezcla, entonces:

$$0 \leq X_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_p = 1 \quad (\text{Es decir, } 100\%) \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (03)}$$

Se utilizó un diseño de mezclas el cual estudiara los efectos de 3 componentes X_1 =Harina de Trigo, X_2 =Harina de Quinua y X_3 =Harina de Chia donde se cumple:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 100\% \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (04)}$$

Tabla 8:
Restricciones para los componentes de las mezclas.

<i>Componentes</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Unidades</i>
HT	70.0	85.0	Porcentaje
HQ	10.0	20.0	Porcentaje
HC	5.0	10.0	Porcentaje

Total mezcla = 100,0 porcentaje

Los valores de las 5 muestras son:

(HT, HQ, HC) = (75, 20, 5); (70, 20, 10); (76.25, 17.5, 6.25); (73.75; 17.5; 8.75);
(72.5, 20, 7.5)

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Para la investigación se realizó un análisis de varianza (ANOVA)

El objetivo del Análisis de varianza es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta.

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \mu_k \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (05)}$$

$$H_A = \mu_1 \neq \mu_j \dots \mu_k, \text{ para un } i \neq j$$

Se realizó un análisis estadístico por objetivos, se formularon los panes en base a diseños de mezclas, pero para el análisis se realizó un ANOVA de un factor. Para las propiedades físicas y químicas se desarrolló las pruebas de comparaciones de rangos múltiples utilizando el método Tukey, y para la evaluación organoléptica se realizó la comparación de rangos múltiples mediante el método Dunnett, además también un diagrama radial y un análisis de puntuación para seleccionar el mejor tratamiento respecto a los atributos evaluados. Para el score químico y PDCAAS se realizó un análisis comparativo en base a bibliografía.

Por lo cual se estima las siguientes hipótesis para las diferentes pruebas experimentales:

H₀: Las propiedades químicas (% de proteínas, % de lípidos, % de ceniza, % de fibra, %acidez y pH) de las 6 muestras de panes molde enriquecidos con harina de quinua y chia no presentan diferencia significativa.

H_A: Las propiedades químicas (% de proteínas, % de lípidos, % de ceniza, % de fibra, %acidez y pH) de las 6 muestras de panes molde enriquecidos con harina de quinua y chia presentan diferencia significativa.

H₀: Las propiedades físicas (textura, volumen, humedad, estructura de la miga, pérdida de peso en el proceso y color) de las 6 muestras de panes molde enriquecidos con harina de quinua y chia no presentan diferencia significativa.

H_A: Las propiedades físicas (textura, volumen, humedad, estructura de la miga, pérdida de peso en el proceso y color) de las 6 muestras de panes molde enriquecidos con harina de quinua y chia presentan diferencia significativa.

H₀: Las propiedades organolépticas (color, olor, sabor, dureza, gomosidad y apariencia general) de las 6 muestras de panes molde enriquecidos con harina de quinua y chia no presentan diferencia significativa.

H_A: Las propiedades organolépticas (color, olor, sabor, dureza, gomosidad y apariencia general) de las 6 muestras de panes molde enriquecidos con harina de quinua y chia presentan diferencia significativa.

- ✓ Para la comparación de medias de rango múltiple posterior al ANOVA una vez aprobada o rechazada la hipótesis se utilizara el análisis de Tukey.
- ✓ Para el análisis de las pruebas cualitativas como evaluación organoléptica del producto en sus diferentes formulaciones, se utilizara la prueba Dunnett.

- ✓ Para el análisis de los resultados se utilizó los softwares estadísticos Minitab 15 y Software Excel de Microsoft.

2.6. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS.

A continuación se detallan los equipos, materiales, reactivos e insumos utilizados en la investigación como se pueden apreciar en las Tablas (9, 10, 11 y 12).

a) Equipos:

Tabla 9:
Equipos utilizados en la investigación.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA
01	Horno eléctrico rotatorio	NOVA-MAX1000
01	Cámara fermentadora	NOVA-MAX1000
01	Amasadora sobadora espiral	NOVA-25
01	Rebanadora de pan	NOVA-120
01	Estufa (Incubadora)	MEMMERT/INB 400
01	Balanza digital de precisión Cap. 100 g	ABS 200-4
01	Sensibilidad 0.01 g	
01	Mufla	
05	Termómetro digital de 0 a 150 °C	
01	Potenciómetro	LOVIBOND
05	Cronómetro digital	
01	Colorímetro	MINOLTA CR-400
01	Texturómetro	QST 25 (Brookfield)
01	Molino de martillo	
01	Aparato de Destilador	Kjendahl
01	Equipo digestor	
05	Cocinilla de digestión	

b) Materiales:

Tabla 10:
Materiales utilizados en la investigación.

CANTIDAD	Unidad	DESCRIPCIÓN
03	Ciento	Bolsas de polietileno de alta densidad transparentes

05	Unidad	Fiolas de 250 ml
03	Unidad	Gradilla para tubos de ensayo
12	Unidad	Tubos de ensayo
01	Unidad	bureta 100 ml
18	Unidad	Crisoles de porcelana
18	Unidad	Cápsulas metálicas con tapas
05	Unidad	Desecadores
01	Unidad	Soporte universal
02	Unidad	Embudo de vidrio
02	Unidad	Balón de vidrio de 250 ml
02	Unidad	Varilla de vidrio
02	Unidad	Espátula de acero inoxidable mango de madera
10	Unidad	Matraz erlenmeyer de 250 ml
02	Unidad	Mortero con pilón
02	Unidad	Pizetas
01	Unidad	Nuez
09	Unidad	Probetas de 100 ml
09	Unidad	Probetas de 1000 ml
09	Unidad	Vasos precipitados de 100 ml
05	Unidad	Pipetas de 1 ml
02	Unidad	Pro pipetas
03	Unidad	Cuchillo
02	Unidad	Rotulador
05	Unidad	Extractor soxhlet

c) Reactivos:

**Tabla 11:
Reactivos utilizados en la investigación.**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
01 l	Etanol 95 %
10 ml	Acido clorhídrico concentrado
10 g	Hidróxido de sodio 0.1 N
10 ml	Fenolftaleína al 1 %
100 ml	Acido sulfúrico concentrado

100 ml	Acetona
10 ml	Ácido acético
500 ml	Eter de petróleo
10 l	Agua destilada
10 g	Sulfato de cobre
10 g	Sulfato de potasio

d) Insumos:

**Tabla 12:
Insumos utilizados en la investigación.**

INSUMOS	
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
15 kg	Harina de quinua
10 kg	Harina de chia
40 kg	Harina de trigo
2 kg	Leche en polvo
5 kg	Manteca vegetal
1 kg	Levadura seca
5 kg	Azúcar blanca
1 kg	Mejorador de masa
250 g	Lecitina de soya
100 g	Propionato de calcio

2.7. MÉTODOS Y TÉCNICAS.

2.7.1. Diagrama de bloques y descripción del proceso de harina de quinua:

- ✓ **Limpieza.**- Se realizó con la finalidad de eliminar el contenido de impurezas tales como: piedras, tallos y pajas usando tamices de 2 mm Y luego pasando por tamices de 1.2 mm se elimina la tierra, piedras pequeñas y pajillas.
- ✓ **Lavado.**-El lavado tiene la finalidad de eliminar la cáscara y saponinas. Se realiza 4 veces con agua a 45 ° C y otra con agua fría.
- ✓ **Secado.**-Se realizó al medio ambiente por 2 días.
- ✓ **Molienda.**- Se realizó una molienda en un molino de martillo.
- ✓ **Tamizado.**- El producto molido se tamizó con las mallas N° 80, 100 y 140 de la serie Taylor (De la Cruz, 2009).

A continuación se muestra la Figura (9) del diagrama de bloques para la harina de quinua

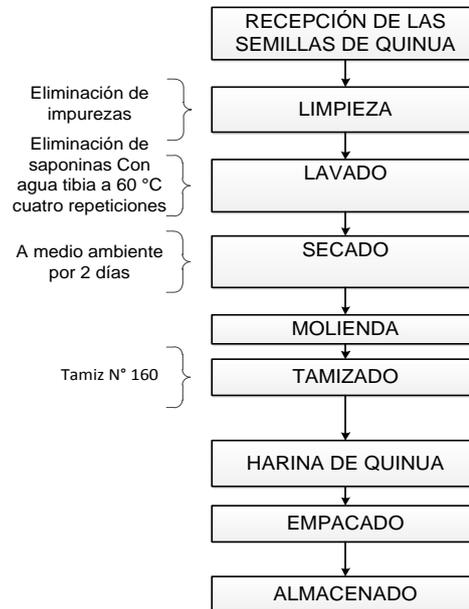


Figura 9: Diagrama de bloques de la harina de quinua.

Fuente: (De la Cruz, 2009).

2.7.2. Obtención de la harina de chia

El contenido tiene que estar en un rango de 10 % - 15 % con el objetivo de aumentar el rendimiento de aceite y evitar problemas durante el proceso de molienda. Este contenido de humedad fue seleccionado debido a que a esa humedad se puede moler las semillas (Ivana Capitani, 2013). A continuación se muestra la Figura (10), el diagrama de bloques para la harina de chia.

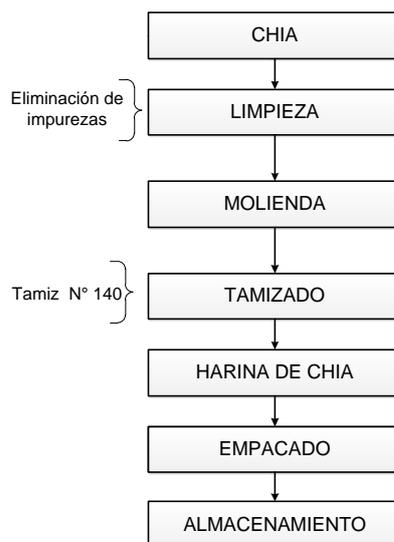


Figura 10: Diagrama de bloques de la harina de chia.

Fuente: (Ivana Capitani, 2013).

2.7.3. Elaboración de pan de molde.

Para la investigación se elaboraron panes de molde, para la elaboración se utilizó el método esponja que consiste en hacer una masa con parte de los ingredientes (harina, agua, sal y levadura) la cantidad de estos componentes es alrededor del 20 % a 30 % de la masa total de la formulación. Una vez que obtendremos la masa uniforme dejamos fermentar alrededor de 1 hora, el amasado de la esponja fue de 8 minutos a velocidad alta. Para luego seguir con el proceso de elaboración del pan tipo molde (Tejero Aparicio, 1992).

La formulación del pan se realizó en base a 2 kg de harinas, los demás insumos para todos los tratamientos son constantes debido a que solo varían los porcentajes de las harinas. Para mejor entendimiento la formulación se detalla en el (Anexo 01), donde se encuentra la formulación porcentajes en función de las harinas y al total de la masa.

A continuación se muestra las figuras para la elaboración del pan molde, Figura (11) diagrama de bloque para la elaboración de la esponja del pan molde, así mismo también la Figura (12) diagrama de bloque del pan de molde.

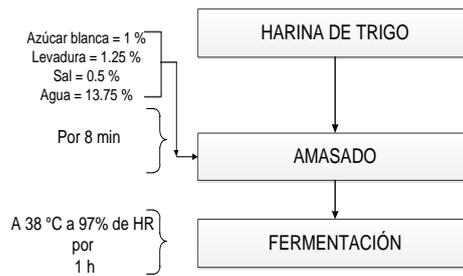


Figura 11: Diagrama de bloques de la elaboración de la esponja para el pan tipo molde.

Fuente: (Tejero Aparicio, 1992).

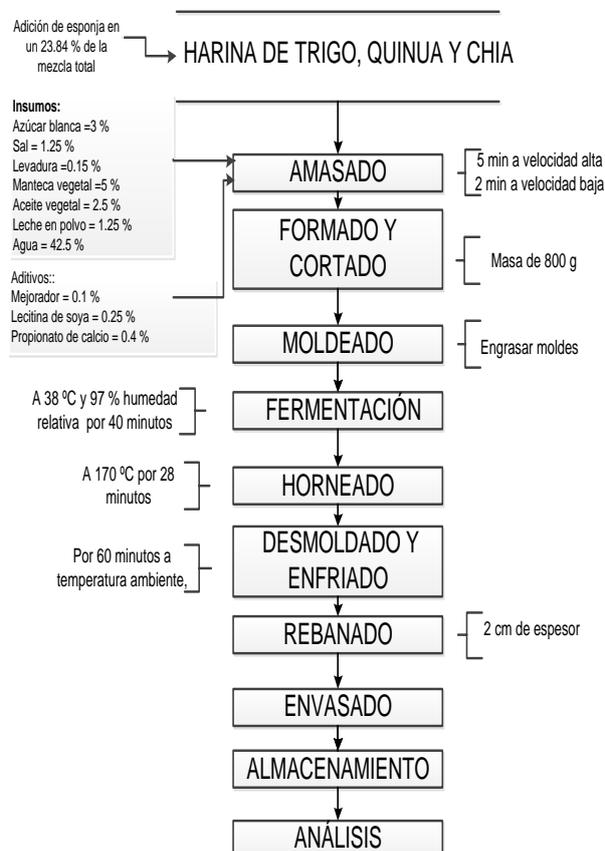


Figura 12: Diagrama de bloques de la elaboración de pan tipo molde.

Fuente: (Tejero Aparicio, 1992)

Proceso para la elaboración de pan molde:

- ✓ **Pesaje y medición:** Se realizó de acuerdo con las cantidades establecidas en la formulación para cada producto, este pesaje se debe

realizar lo más preciso posible de lo contrario los productos saldrán con muchos defectos.

- ✓ **Mezcla y amasado:** Los objetivos de esta operación unitaria son la distribución homogénea de los ingredientes y un adecuado desarrollo del gluten. El método empleado fue el de esponja en el cual inicialmente solo se mezclan una parte de los ingredientes, completándose la mezcla después de la fermentación. En este proceso se realizó el amasado por 2 minutos a velocidad baja inicialmente y 5 minutos a velocidad alta.
- ✓ **División o corte:** Luego de la fermentación se dividió la masa en porciones de 800 g de masa.
- ✓ **Moldeado:** Cada porción de masa se envolvió en forma de rectángulo y se procede a dar la forma que corresponda al tamaño del molde.
- ✓ **Fermentación:** Los panes moldeados se colocaron nuevamente en el cuarto de fermentación donde crecen aproximadamente el doble de su tamaño a una temperatura de 38 °C y una humedad relativa de 97 %.
- ✓ **Horneado:** Finalmente los panes se colocaron en el horno a una temperatura de 170 °C por 28 minutos. Esta etapa sucede en dos fases:
 - a. Cuando el producto adquiere una temperatura interna de 45-50 °C la producción de gas se inactiva por la muerte de la levadura y da el volumen final del pan y la miga se expande por la acción del gas; cuando el producto tiene una temperatura interna entre 60- 70 °C hay coagulación de proteína y gelatinización de los almidones, el producto pierde su plasticidad y adquiere la forma definitiva del pan.
 - b. En la segunda etapa ocurre el secado que forma la corteza y el cocimiento del pan.
Según (Bennion, 1970) la pérdida de humedad después del horneado no debe exceder de 9 % porque significaría que la masa se cocinó demasiado.
- ✓ **Enfriamiento y almacenamiento:** El enfriamiento se realizó a temperatura ambiente por un periodo de 1 hora, cerciorarse que los

panes estén totalmente fríos para proceder al empaclado en bolsas de polietileno. (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006).

2.7.4. Determinación de las propiedades físicas

2.7.4.1. Volumen del pan.

El volumen del pan se determinó por desplazamiento de semillas de colza, después de 2 h de horneado. El mismo que consistió en colocar en un recipiente cierta cantidad de semillas y el pan cuyo volumen se determinó, se recubrió con las semillas restantes, hasta volver al nivel que ocupó dicho alimento sólo, luego se determinó el volumen de las semillas desplazadas o no utilizadas por medio de una probeta, siendo ése el volumen del pan, para promediar el volumen del pan se utilizó todas las repeticiones de dicho tratamiento (Alvares & Tucsa, 2009).

- ✓ A un recipiente vacío y de precisión, añadimos las semillas de colza. Hasta un determinado nivel.
- ✓ Luego de vaciar la semilla de colza se midió el volumen de las semillas con ayuda de una probeta.
- ✓ Luego al mismo recipiente se puso el pan tipo molde y seguidamente vaciamos las semillas de colza hasta alcanzar el mismo nivel y a las semillas sobrantes se les midió el volumen en una probeta.
- ✓ El volumen de las semillas sobrantes es el volumen ocupado por el pan tipo molde, realizar el procedimiento por triplicado.

2.7.4.2. Estructura de la miga.

Se determinó la estructura de la miga a través de medida de la cantidad de alveolo, mediante análisis de imágenes de la miga de pan. La imagen entera es fragmentada por un valor de gris para crear una imagen binaria, todos los píxeles con nivel de gris por encima del umbral se muestran en blanco y por debajo en negro. Se puede generar una imagen binaria óptima por la selección de un simple umbral de gris. Los píxeles (puntos de la pantalla del monitor de un sistema PC que se combinan para formar una imagen) con valores de gris más bajos que el valor umbral, se consideraron objeto (miga de pan) y los valores de gris

por encima del valor umbral se consideraron aire (alveolo). Se puede encontrar interactivamente un nivel apropiado de umbral de gris, variando el nivel de gris hasta que la imagen conserve los rasgos fundamentales de la contraparte monocromática.

- ✓ Para analizar la estructura de la miga se realizó a tres rodajas (2 cm de espesor) de la región central de cada pan y cada rodaja será escaneada con un escáner fotográfico. La imagen en formato de archivo JPEG se analizó.
- ✓ Se seleccionó manualmente de la parte central de la rodaja un área de igual tamaño en todos los panes (2.5 x 3 cm), que es representativa de la miga total de cada rodaja.
- ✓ La imagen de color se convertida a imagen de 8-bits y se analizó en escala de grises (0 negro, 255 blanco). La segmentación de la imagen (conversión a imagen binaria). La imagen binaria tiene sólo dos niveles de grises: 0 para las áreas vacías (negro, alveolos de gas) y 255 para las paredes de los alveolos (blanco, miga de pan).
- ✓ Se asignaron la categoría de objeto (celdas de gas) a aquellas zonas de la imagen que tenían una intensidad de gris entre 0 y 255 blancos (miga de pan) el valor umbral que correspondiera a cada imagen es de 128 (Steffolani , 2010).
- ✓ Luego se procedió a contar los espacios negros que representan las celdas de gas (miga), en 7.5 cm² de área del pan.

A continuación se muestra la Figura (13), donde se muestra el pan en imagen binaria monocromática

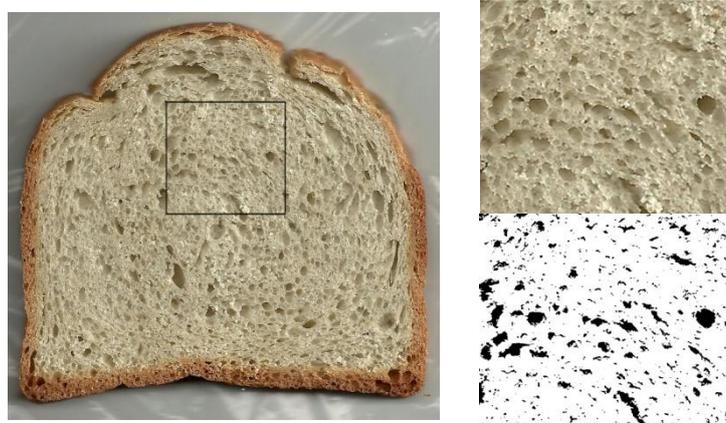


Figura 13: Conversión de la imagen a una imagen binaria (monocromática).

2.7.4.3. Textura:

Se utilizó el método instrumental, mediante un texturómetro QST 25 (Brookfield), en el cual se determinó la fuerza-deformación en donde se determinara la dureza y elasticidad de los panes. La determinación de la textura (firmeza) del pan se realizó con el medidor de Textura TA-XT2 y sonda cilíndrica de 25.7 mm de diámetro. Mediante el método estándar AACC 74-09.

Para la determinación se utilizara como muestra rodajas de pan de molde de 2.5 cm. de espesor cada uno, seguidamente estas muestras serán colocadas en la parte central bajo la sonda cilíndrica para la respectiva evaluación. El centro de cada rodaja de pan se sometió a ciclos de compresión descompresión para obtener la curva de TPA (Análisis de Perfil de Textura) (De la Cruz, 2009).

2.7.4.4. Peso.

Esta variable se determinó al pan en proceso de formado y al producto final; con la finalidad de determinar la diferencia de pesos o la pérdida de humedad en el proceso, dicha variable se la realizara a todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones, utilizando como instrumento de medida una balanza digital (Alvares & Tucsa, 2009).

2.7.4.5. Humedad (Método N° 931.04 de la AOAC):

El contenido de humedad del pan, se determinó mediante la pérdida de masa que experimenta, en condiciones determinadas.

Fueron utilizados panes extraídos después de las 3 días que el producto haya salido del horno. Luego se procedió a secar las muestras en estufa a 130 °C, durante 4 horas, las muestras se deben pesar antes y después del secado, para determinar el porcentaje de humedad.

El cálculo del porcentaje de humedad y el procedimiento más detallado se indica en el (Anexo 03).

2.7.4.6. Color:

Se determinó el color de la miga y de la corteza utilizando un colorímetro Minolta (Minolta RC-400) y los resultados se expresaron con la escala de color CIE $L^* a^* b^*$. La escala del colorímetro se calibró antes de cada análisis con un blanco y un negro estándar. Para cada muestra se realizaron seis mediciones tanto para la corteza como para la miga. Luego con los datos ya obtenidos se procedió a realizar los cálculos de diferencia de color e índice de color.

a. Diferencias de color (ΔE^*)

La fórmula de diferencia de color CIELAB propone la siguiente fórmula, en la que se determina la diferencia de color (métrica) existente entre dos sólidos opacos, no fluorescentes y uniformemente coloreados, a partir de las magnitudes colorimétricas ya definidas. El cálculo de las diferencias de color existente entre dos muestras, 1 (referencia) y 2 (ensayo), viene dado por:

$$\Delta E^*_{CIE} = \sqrt{L_2^* - L_1^*{}^2 + a_2^* - a_1^*{}^2 + b_2^* - b_1^*{}^2} \dots \dots \dots \text{Ec. (06)}$$

El valor calculado ΔE^* define la magnitud de la diferencia de color existente entre dos Muestras.

b. Índice de color (IC^*)

Se determinó el índice de color con la siguiente fórmula

$$IC^* = \frac{(a^* \times 1000)}{L^* \times b^*} \dots \dots \dots \text{Ec. (07)}$$

Fuente: (De la Cruz, 2009).

2.7.5. Determinación de las propiedades químicas:

2.7.5.1. Análisis proximal.

El análisis proximal se realizó en el laboratorio de análisis fisicoquímico de los alimentos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, con la finalidad de conocer su composición cuantitativa del pan de molde; mediante métodos analíticos que nos permitirá conocer su composición

(% de proteínas, % de carbohidratos, % de lípidos, % de cenizas, % fibra) y determinar su calidad (Nielsen, 2007). En el análisis proximal se realizaron las siguientes pruebas.

- ✓ **Proteínas.** El contenido de proteína de las muestras se determinó por método de Kjeldahl. Que consta de tres partes la digestión, destilación y valoración (Método N°920.87 de la AOAC –Kjeldahl-)
- ✓ **Cenizas.** El contenido en cenizas de los panes es el residuo resultante después de su incineración en condiciones determinadas. Se determinó en un horno mufla después de calentar en mufla a 600 °C hasta que se muestre un color gris uniforme (Método N°923.03 de la AOAC)
- ✓ **Fibra.** Se determinó la fibra mediante la eliminación de los carbohidratos solubles por hidrolisis a compuestos más simples (azúcares) mediante la adición de ácidos y bases débiles en caliente y las cenizas (por diferencia de peso después de la ignición de la materia fibrosa obtenida)(método N° 969.09 de la AOAC)
- ✓ **Carbohidratos.** Se determinó mediante la diferencia de los demás compuestos, después de obtener los porcentajes de los demás componentes (Collazos, 1986).
- ✓ **Lípidos.** Se determinó mediante el método de Soxhlet, el método consiste en la extracción directa semi-continua de lípidos en un solvente o mezcla de solventes orgánicos adecuados según el tipo de grasa a extraer, (Método N°920.39 AOAC –Soxhlet-)

Para mayor entendimiento se explica de forma más detallada el (Anexo 02).

2.7.5.2. Acidez. (Método volumétrico, titulación -NTP 206.013 (INDECOPI 1981)

Se determinó mediante el método de acidez titularle, el porcentaje de acidez de los panes fue expresado en ácido sulfúrico, las muestras son controladas por el gasto de hidróxido de sodio (NaOH), mediante un indicador que es la fenolftaleína. Se determinó la acidez del pan de

molde, con 10 g de la muestra y 100 ml de agua destilada hervida y fría, se mezcla agitando eventualmente cada 5 min durante 20 min (con una licuadora), se filtra en un matraz de 200 ml Se toma una alícuota de 20 ml de filtrado y con 5 gotas de fenolftaleína para su respectiva titulación con NaOH 0.1N (De la Cruz, 2009)

$$\% \text{ acidez} = \frac{G \times N \times \text{meq}}{W \times \frac{v_1}{v_2}} \dots \dots \dots \text{Ec. (08)}$$

Dónde:

G = Milímetros de titulable utilizado

N = Normalidad de titulante

Meq = Miliequivalente de (ácido sulfúrico)

W = Peso de la muestra en gramo

v₁ = Volumen de la alícuota tomada de la dilución

v₂ = Volumen de la dilución

2.7.5.3. pH. (Método N°943.02 de la AOAC –potenciométrico-).

Para determinar el pH se determinó mediante el método potenciométrico, para lo cual se utilizó potenciómetro como equipo de medida.

- ✓ Primero pesaremos la muestra 10 g, seguidamente lo licuaremos en 100 ml de agua destilada a 25 °C.
- ✓ Luego en un matraz de Erlenmeyer limpio y seco colocamos la solución y dejamos reposar por 10 min o más, con la finalidad de poder hacer que las partículas se suspendan.
- ✓ Después determinamos el pH, utilizando un potenciómetro previamente calibrado con las soluciones buffer 4 y 7.
- ✓ Finalmente realizamos la lectura y lo registramos

2.7.6. Determinación de las propiedades organolépticas:

2.7.6.1. Evaluación sensorial

El evaluación sensorial de los panes tipo molde se realizó mediante pruebas afectivas debido a que se evaluara la (reacción, preferencia o aceptación) de los panelistas. Se utilizó una escala hedónica

estructurada, categorizada con puntaje de 5, para ello los panelistas marcaron una categoría que va desde muy agradable hasta muy desagradable. A continuación se muestra la escala y el puntaje o categoría asignado a la misma. La evaluación sensorial se realizó en paneles acondicionados, ya que es importante que el lugar a realizar las pruebas tengan las condiciones adecuadas como iluminación para un buen análisis. Se acondiciono cabinas o cubículos de evaluación de 1 m² con fluorescentes de 20 W a 60 cm de altura sobre la mesa de trabajo, con la finalidad de obtener una iluminación lo más semejante a la luz ambiental, también se acondicionó las paredes de los cubículos de colores neutros y claros en este caso blanco; además también de mantener el área de evaluación con ausencia de olores y residuos o cualquier otro estímulo que pueda distraer a los degustadores (Espinoza Atencia, 2007)

La evaluación sensorial se desarrolló considerando 30 panelistas no entrenados, la evaluación sensorial se realizó en 2 días, con el objetivo de evitar errores como hostigamiento de los panelistas debido a que el instrumento de análisis son los sentidos y estos tienden a hostigarse cuando se tratan de más de cuatro muestras a degustar.

Tabla 13:
Estructuración de la escala hedónica.

ESCALA	PUNTAJE O CATEGORÍA ASIGNADO
MUY AGRADABLE	5
AGRADABLE	4
INDIFERENTE	3
DESAGRADABLE	2
MUY DESAGRADABLE	1

Para la evaluación sensorial se utilizó un panel de jueces o catadores no entrenados, se contó con 30 jueces de todas las edades los cuales evaluaron a las muestras de panes de molde. Determinaron el grado de aceptación del producto con la finalidad de determinar, el olor, sabor,

color, dureza, gomosidad y apariencia general cuál de las muestras es el más aceptable o preferido.

Para evaluar las características organolépticas del pan se realizaron en base a los siguientes criterios:

- ✓ **Color:** El color debe ser uniforme de dorado a ligeramente moreno.
- ✓ **Olor:** El olor debe ser característico de un producto fresco, bien cocido sin indicios de rancidez, enmohecimiento u otro olor extraño objetable.
- ✓ **Sabor:** De igual manera debe ser característico de un producto fresco, bien cocido sin indicios de amargor, acidez u otro sabor extraño objetable.
- ✓ **Dureza:** Debe presentar una suavidad para no ser confundida por galletas debido a que estas presentan mayor dureza que los panes.
- ✓ **Gomosidad:** debe tener una gomosidad adecuada la miga y no ser pegajosa o empalagosa.

Para la evaluación sensorial se utilizó la cartilla que se les facilito a los panelistas, que se encuentra en el (Anexo 04).

2.7.7.Determinación del escore químico:

Para poder determinar el escore químico se realizó en base a la siguiente fórmula:

$$CQ = \frac{mg \text{ de aminoácido en } 1g \text{ de proteína del alimento estudiado}}{mg \text{ de aminoácido en } 1g \text{ de proteína de referencia o patrón}} \dots \text{Ec. (09)}$$

Se calcularon en base a las formulaciones de las mezclas y se tomaron como aminoácidos de referencia los requerimientos de los niños en etapa pre escolar (2-5 años) según la FAO/OMS, se tomó esta referencia debido a que es la etapa más exigente en cuanto cantidades de ingerir aminoácidos (Cervilla, Mufari , & Calandri, 2012)

Para determinar el mg de aminoácido en 1 g de proteína se realizó de la siguiente manera.

$$\frac{A\acute{A}}{gN} = \frac{\% \text{ del producto} \quad \% \text{ prote\acute{i}na del producto}}{6.25} \times \text{amino\acute{a}cido} \dots \text{Ec. (10)}$$

Producto= (quinua, chia y trigo)

Se calculó para las diferentes formulaciones de las mezclas de los panes y para todos los aminoácidos que contienen estos cereales, el contenido de aminoácidos de cada formulación de pan resulta la sumatoria del contenido de aminoácidos de cada componente (trigo, quinua, chia). Para calcular el CQ se utilizaron aminoácidos de referencia según la FAO. Que se muestra en el siguiente tabla (Guillerian, 2011).

Tabla 14:

Patrón de aminoácidos (mg/g*N) en la etapa pre-escolar (niños de 2-5 años).

Aminoácidos	mg/g*N
Lisina	363
Met. + Cist.	156
Treonina	213
Triptófano	69
Feni + Tiro	394
Isoleucina	175
Leusina	413
Valina	219

Fuente: FAO/OMS, 2006.

2.7.8. Puntaje de aminoácidos corregido por digestibilidad (PDCAAS).

Para determinar el PDCAAS se utilizó la siguiente fórmula propuesta por la FAO.

$$PDCAAS = CQ \times D \dots \dots \dots \text{Ec. (11)}$$

Dónde:

CQ = Escore químico

D = Digestibilidad del producto pan molde

Para calcular la digestibilidad de los diferentes panes se utilizó la digestibilidad por dato bibliográfico tanto para la quinua, chia y trigo mediante la digestibilidad total de la proteínas en una dieta.

$$D = \% \text{ quinua } x \% \text{ digestibilidad de quinua} \\ + \% \text{ chia } x \% \text{ digestibilidad de chia} \\ + \% \text{ trigo } x \% \text{ digestibilidad del trigo} \dots \dots \dots \text{ Ec. (12)}$$

Fuente: (Guillerian, 2011).

Para los cálculos se utilizarón los siguientes porcentajes de digestibilidad

Digestibilidad de la quinua=82 % según FAO/OMS 2006

Digestibilidad del trigo refinado =96 % según FAO/OMS 2006

Digestibilidad de la chia=79.9 % según (Sandoval Oliveros , 2012)

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS

Las propiedades químicas evaluadas del pan tipo molde enriquecida con harina de quinua y chia fueron: Proteínas, Carbohidratos, lípidos, ceniza, fibra, acidez y pH.

3.1.1. Proteínas en el pan molde

Los resultados se presentan en la Tabla (15), en ella se observa que el tratamiento T2 que tiene 10 % de harina de chia (HC), presenta el mayor contenido protéico 15.93 %, por otra parte el tratamiento cuya formulación es del 100 % de harina de trigo (HT) presenta menor contenido protéico.

Tabla 15:

Porcentaje de Proteína para el pan molde.

Tratamiento	Formulación del pan			% Proteína (<i>b.s.</i>)		
	% HQ	% HC	% HT	X	±	S
T1	20	5	75	14.22 ^c	±	0.03
T2	20	10	70	15.93 ^e	±	0.07
T3	17.5	6.25	76.25	13.84 ^b	±	0.09
T4	17.5	8.75	73.75	14.04 ^{b,c}	±	0.05
T5	20	7.5	72.5	15.40 ^d	±	0.12
T6	---	---	100	9.96 ^a	±	0.16

Donde X es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 %

Según la tabla peruana de composición de alimentos el porcentaje de proteínas de un pan molde es de 6.80 (MINSA & Instituto Nacional de salud, 2009), de acuerdo a nuestros resultados los valores obtenidos son superiores Tabla (15), esto se debe al enriquecimiento con harina de quinua y chía. Así mismo (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006), realizó análisis de proteínas a panes con sustitución parcial de harina de quinua en (0 %, 15 %, 20 %, 25 %, y 30 %) y obtuvo los siguientes resultados protéicos (10.54 %, 11.98 %, 12.79 %, 13.48 % y 13.31 %) respectivamente. De acuerdo a los datos obtenidos en los análisis de proteína, Tabla (15), se observa que el porcentaje aumenta a medida que

se incrementa la sustitución. Pero si comparamos los tratamientos con el más alto valor de quinua 20 % respecto a la investigación observamos que el resultado de proteína obtenido en los panes de molde es mayor. Debido a que no solo la quinua es una fuente de proteína sino también la chia tiene un alto contenido de proteína 21 % (Ivana Capitani, 2013).

Según (Yela Molina, 2004). La cantidad de proteína analizada en las muestras de pan blanco comerciales de distintas marcas tiene los porcentajes entre 7.35 y 8.35 %, estos resultados son relativamente inferiores a nuestro tratamiento control T6 (9.96 %). Pero el resto de tratamientos están entre los porcentaje de proteína de T3 y T5 (13.84 % y 15.93 %) las muestras presentan mayor contenido que los panes comerciales, el incremento de proteínas se le atribuye al enriquecimiento del pan con harina de chía y quinua.

Para el análisis de proteínas se observa claramente que hubo un incremento de acuerdo a los tratamientos de sustitución, comparados con el testigo Tabla (15). Comparando los datos obtenidos con valores reportados en los panes comerciales, se demuestra que se alcanza un incremento de hasta el 7.93 % más de proteína que en los panes comerciales, teniendo en cuenta que estos tienen 6 a 8 % (Arroyave y Esguerra, 2006), mientras que el pan tipo molde desarrollado en esta investigación alcanza valores de hasta 15.93 % T2.

Con el fin de conocer la existencia de diferencias en cuanto al contenido de proteínas en los diferentes tratamientos de elaboración del pan molde, se aplicó un ANOVA, los resultados se muestran en el (Anexo 19), observándose que $p\text{-value} < 0.05$, esto indica que los tratamientos presentan diferencia significativa, es decir presentan distinto contenido de proteína en el pan molde, por lo menos dos de ellos a un nivel de significancia de 5 %

La aplicación del test Tukey, evidencia la existencia de diferencia significativa entre pares de tratamientos (letras diferentes), tal como se muestra en la Tabla (15), en donde el tratamiento T6 es diferente a los demás, así como T2, mientras que el par de tratamientos T3 – T4 y T4 – T1 no muestran diferencia significativa, esto se puede deber a que las

cantidades de HQ y HC en estos tratamientos no distan en mayor cuantía, este hecho se puede apreciar también en la Figura (14), donde la proyección de los intervalos de estos dos pares de tratamientos se superponen, mientras que T2 se encuentra por encima de todos los tratamientos.

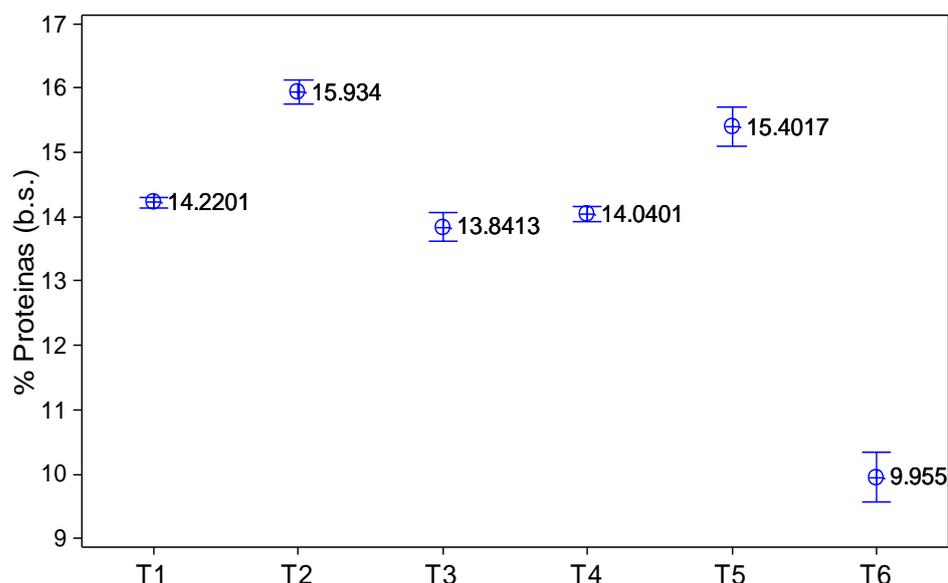


Figura 14: Diagrama de medias para el % de proteínas.

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 19)

Así mismo cuando realizamos el test de tukey podemos ver que los tratamientos T1=T4 y T3=T4 (Anexo 19), aunque matemáticamente sean diferentes se puede decir que estos tratamientos estadísticamente son iguales a un nivel de significancia de 5 % como se aprecia en la Figura (14) que dichos tratamientos se superponen.

En la Figura (15), se aprecia el efecto de sustitución de la harina de quinua (HQ) y la harina de chia (HC) en la elaboración del pan molde, en ella se aprecia que el incremento de sustitución de HQ y HC da en incremento del % de proteína, siendo mayor con la sustitución de HC, lo contrario sucede con el incremento de HT.

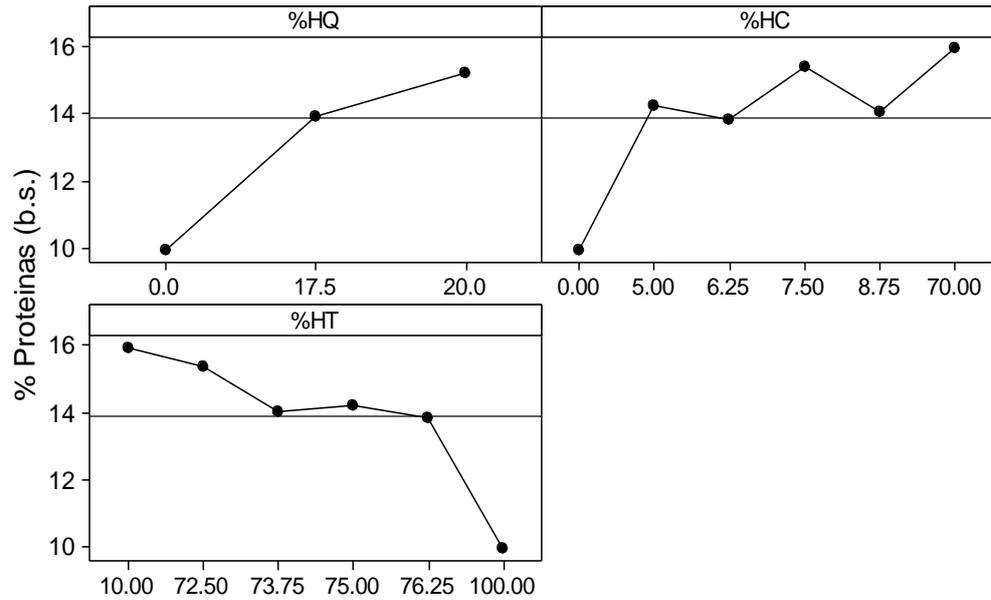


Figura 15: Diagrama de efectos sobre el % de proteínas.

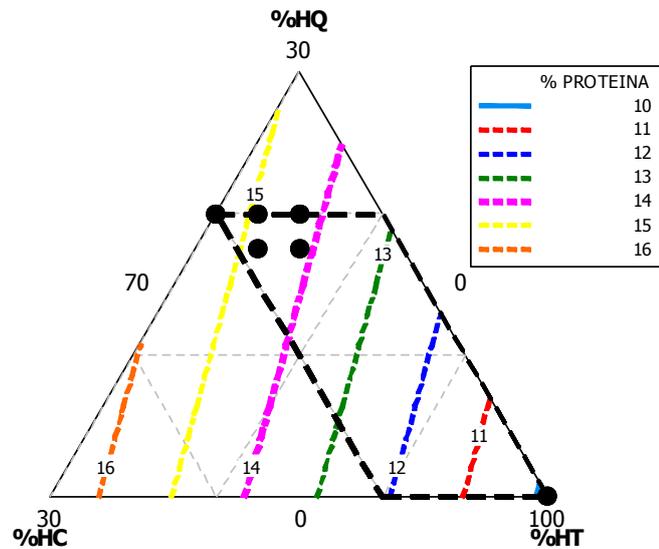


Figura 16: Superficie de respuesta para el % de proteínas

En la Figura (16), se aprecia la superficie de respuesta, realizada con el fin de conocer los intervalos de sustitución de HQ y HC, se muestran en la Figura (16), en la zona crítica de sustitución (líneas negras punteadas) se observa que para lograr mejores contenidos de proteínas en el pan molde,

el porcentaje de sustitución de HQ no debe ser mayor a 20 % y HC deberá estar entre 0 a 10 %, mientras que el porcentaje sustituido de HT no deberá ser menor 70 %, para logra valores de % de proteína cercanas a 16 %.

3.1.2. Carbohidratos en el pan molde

El resultado de la evaluación de carbohidratos en el pan molde se muestra en la Tabla (16), de esta se desprende que la formulación T6 con 100 % de HT, presenta el mayor contenido de carbohidratos, así mismo se puede observar que cuanto mayor sea el porcentaje de HT, mayor contenido de carbohidratos tendrá el pan molde.

Tabla 16:
Porcentaje de Carbohidrato para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			% Carbohidrato (b.s.)
	% HQ	% HC	%HT	$\bar{X} \pm S$
T1	20	5	75	62.357 ^a \pm 0.042
T2	20	10	70	55.523 ^b \pm 0.360
T3	17.5	6.25	76.25	63.906 ^c \pm 0.251
T4	17.5	8.75	73.75	62.501 ^a \pm 0.575
T5	20	7.5	72.5	58.667 ^d \pm 0.131
T6	---	---	100	72.141 ^e \pm 0.228

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 20)

El contenido de carbohidratos en el pan de molde esta en relación a los porcentajes de harina utilizado en las mezclas, como se puede apreciar los resultados en el Tabla (16), teniendo un pan con mayor contenido de carbohidratos el T6 con 72.141 % y T2 presenta menor contenido 55.523 %. Se puede observar el ANOVA para los carbohidratos en el (Anexo 20), el valor del *p-value* fue menor a $\alpha=0.05$, por lo que se puede decir que estadísticamente los valores obtenidos de carbohidratos para los diferentes panes de molde son diferentes, por lo menos dos de ellos a un nivel de significancia de 5 %, así mismo cuando realizamos el test de Tukey podemos ver que los tratamientos T1=T4 (Anexo 20), aunque matemáticamente sean diferentes se puede decir que estos tratamientos

estadísticamente son iguales a un nivel de significancia de 5 %. Así podemos observar en el diagrama de medias para los carbohidratos Figura (17), que el T1 y T4 se solapan o superponen, mientras que el resto de tratamientos, no se superponen con los otros tratamientos.

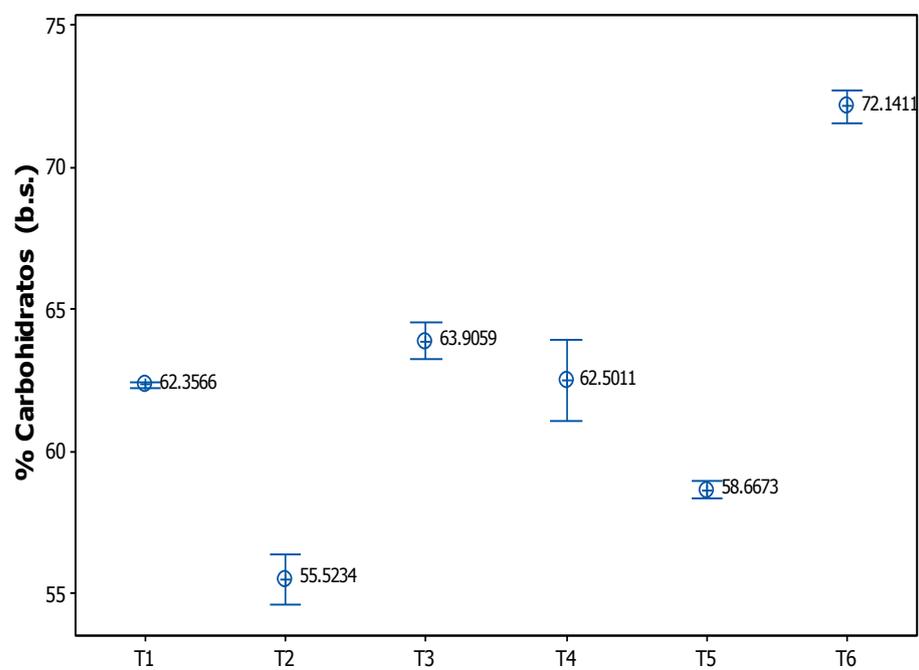


Figura 17: Diagrama de medias para el % de carbohidratos

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 01)

Según la Tabla peruana de composición de alimentos el porcentaje de carbohidratos de un pan molde es de 87.37 % (MINSAL & Instituto Nacional de salud, 2009), de acuerdo a nuestros resultados los valores obtenidos son inferiores Tabla (18), se puede observar que los valores son menores este hecho se le atribuye a la incorporación de harina de quinua (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006), de igual forma para la harina de chia (Silveira & Salas, 2013), ambos autores mencionan que a medida que se aumenta la sustitución, disminuyen el porcentaje de carbohidratos. Así mismo (Sanz Ponce, 2008) menciona que las sustituciones en alimentos se realizan con el fin de incrementar el valor nutricional o poder mejorar una característica tecno-funcional en el producto.

(De la Cruz, 2009), determinó carbohidratos en pan molde con sustitución de quinua en 13.92 %, obteniendo un resultado de 77.81 %, estos datos se

asemejan a los resultados, pero aunque en un porcentaje pequeño los panes molde con harina de quinua y chia son inferiores hasta en una diferencia de 22.29 %, esto se deber a que se utilizó un porcentaje de sustitución mayor para la formulación de las mezclas.

En la Figura (18) se aprecia los efectos de la adición de HQ y HC en el pan molde, donde el incremento de HQ y HT disminuyen el % de Carbohidratos, siendo más atenuado con la sustitución de HC pese a que la sustitución en cantidad es menor que HQ.

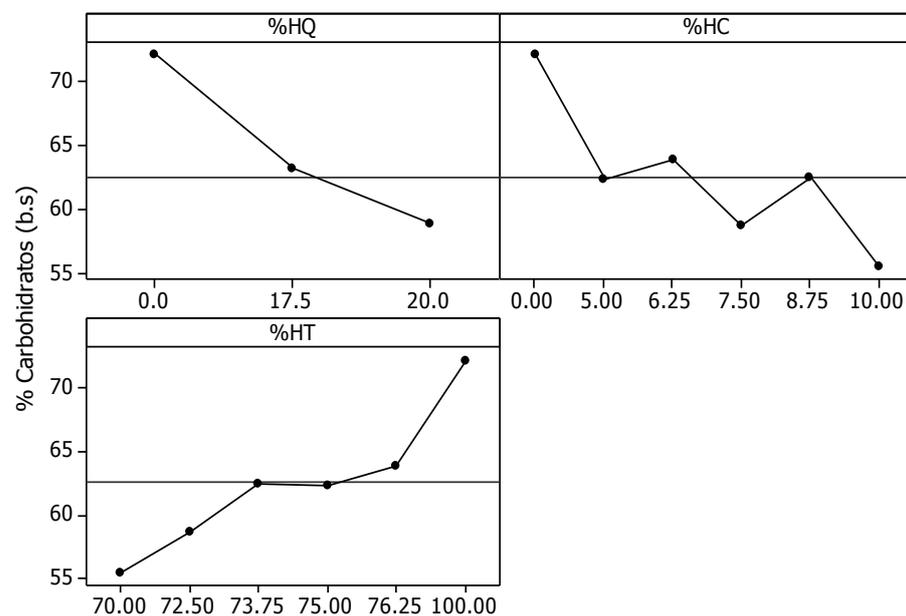


Figura 18: Diagrama de efectos sobre el % de carbohidratos

En referencia al análisis de mezclas, se muestra la superficie de respuesta para el % de carbohidrato en la Figura (19), en ella se aprecia que para lograr altos contenidos de carbohidrato en el pan, el contenido de HT se debe incrementar, lo contrario sucede con el incremento de HQ y HC.

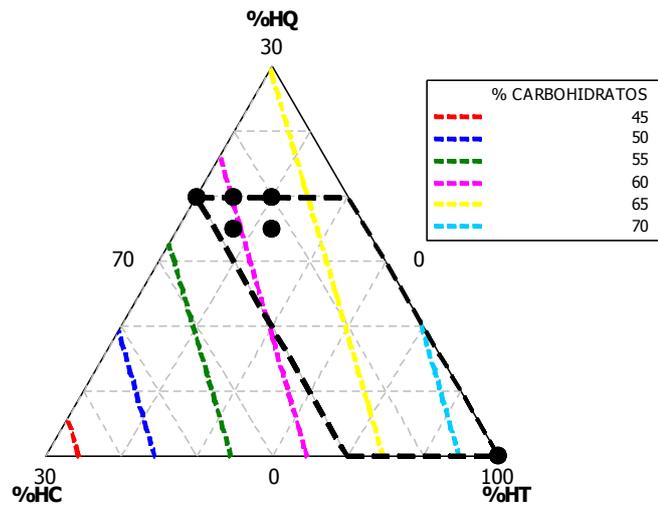


Figura 19: Superficie de respuesta para el % de carbohidratos.

3.1.3. Lípidos en el pan molde.

El porcentaje de lípidos en las formulaciones de pan molde oscilan entre 8.95 a 10.17 %, siendo que el tratamiento T2 el cual contiene el mayor porcentaje de HC presenta mayor contenido de lípidos tal como se muestra en la Tabla (17)

Tabla 17:

Porcentaje de Lípidos para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			% Lípidos (<i>b.s.</i>)		
	% HQ	% HC	% HT	$X \pm S$		
T1	20	5	75	9.25 ^a	±	0.03
T2	20	10	70	10.17 ^b	±	0.07
T3	17.5	6.25	76.25	9.58 ^c	±	0.02
T4	17.5	8.75	73.75	9.76 ^d	±	0.02
T5	20	7.5	72.5	9.44 ^e	±	0.01
T6	---	---	100	8.95 ^f	±	0.04

Donde X es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 %

Se determinó el contenido de lípidos a los panes enriquecidos con harina de quinua y chia en donde se obtuvo resultados desde 8.95 % hasta 10.17

% Tabla (17), se puede observar que a medida que se incrementa la sustitución de las harinas incrementa el porcentaje de lípidos, lo contrario ocurre con la harina de trigo cuando este incrementa el porcentaje de lípidos disminuye, este suceso ocurre debido a que la chia tiene en su composición mayor contenido de grasa es de 30-35 % (Ayerza & Coartes , 2004) al igual que la quinua 2.6 % (Collazos Ch., y otros, 1996). En comparación con el trigo 1.5 % (Collazos Ch., y otros, 1996), se puede afirmar que la adición de harina de chia es el que proporciona al pan molde mayor contenido de lípidos.

Como se puede observar los resultados obtenidos en la Tabla (17), en las formulaciones de las mezclas se tiene que el T2 el que presenta mayor porcentaje de grasa 10.17 % es aquel tratamiento que tiene mayor contenido de sustitución de quinua 20 % y chia 10 %, mientras que el T6 tratamiento control tiene 8.95 %, es aquel que no tiene sustitución.

La comparación de los tratamiento se realizó a través de la aplicación de un ANOVA (Anexo 21), el cual nos indica que los tratamientos presentan diferencia significativa, $p\text{-value} < 0.05$, es decir los tratamientos son diferentes en cuanto al contenido de lípidos, y al realizar un prueba Tukey se aprecia que ningún par de tratamientos son similares (letras diferentes en la Tabla (17)).

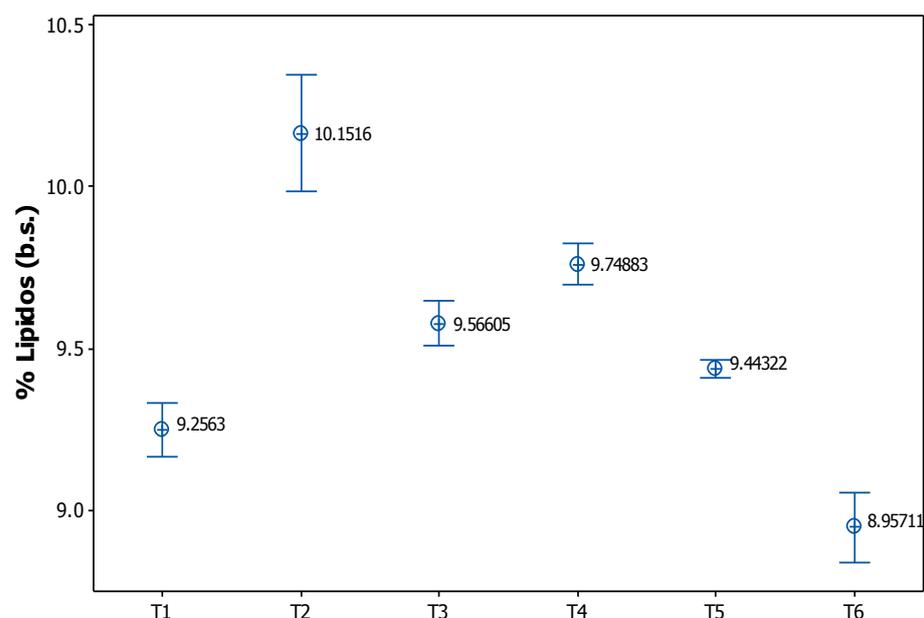


Figura 20: Diagrama de medias para el % de lípidos

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5 \%$ (Anexo 01)

Según el ANOVA el valor del p- value fue menor a $\alpha=0.05$ (Anexo 21), por lo que se puede decir que estadísticamente los valores obtenidos de lípidos para los diferentes panes de molde presentan diferencia significativa, esto quiere decir que todos los tratamientos o mezclas son diferentes en cuanto al contenido de lípidos, a un nivel de significancia de 5 %, así mismo cuando realizamos el test de tukey podemos ver que los tratamientos son diferentes (Anexo 21), a un nivel de significancia de 5 %. Así podemos observar en diagrama de medias para los lípidos Figura (20), que el T1, T2, T3, T4, T5 y T6 no se solapan o superponen, ninguno de los tratamientos se superpone entre sí como se observa en la Figura (20).

En la Figura (21) se observa el diagrama de efectos donde se observa que el incremento de HC y HQ incrementa el contenido de lípidos en el pan, mientras que lo contrario sucede con el incremento de HT.

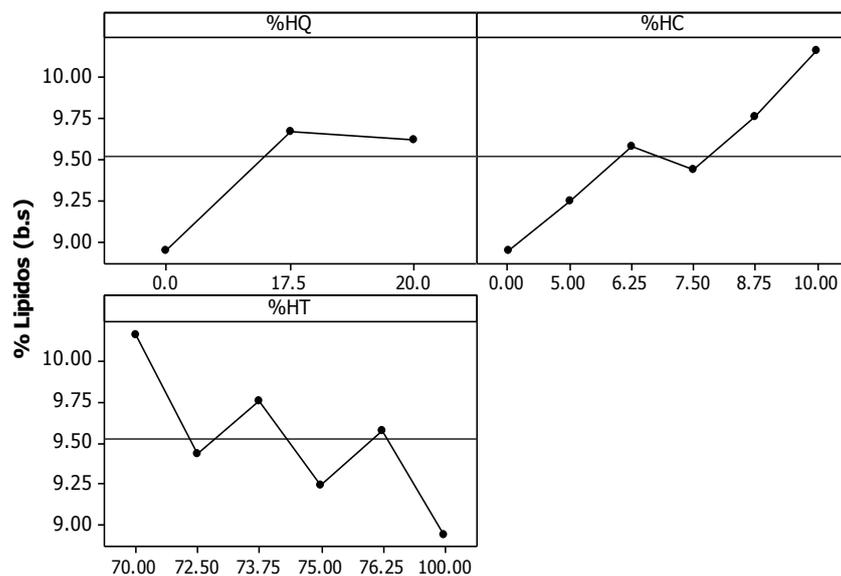


Figura 21: Diagrama de efectos sobre el % de lípidos.

En la Figura (22), se aprecia el diagrama de superficie para el contenido de lípidos del pan molde, la región crítica o de formulación (zona punteada), muestra que para lograr bajo contenido de lípidos en el pan, la formulación

deberá oscilar entre 0 a 15 % de HC, porcentajes menores a 10 % de HQ y porcentajes superiores a 70 % de HT.

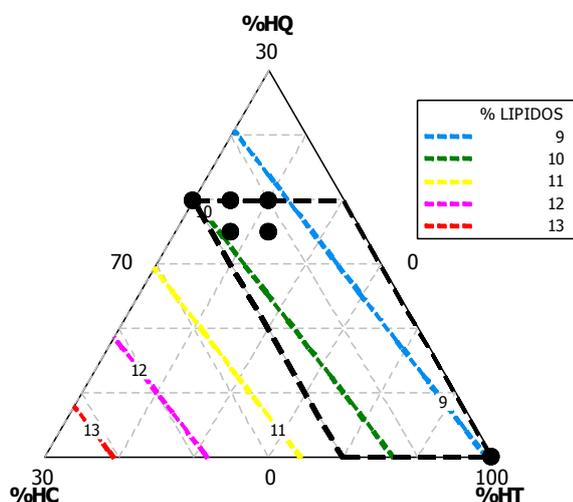


Figura 22: Superficie de respuesta para el % de Lípidos

Así mismo (De la Cruz, 2009), desarrollo panes con sustitución de quinua en un 13.92 %, obteniendo lípidos en 4.12 % en su pan molde con quinua, si hacemos una comparación con nuestros panes moldes el porcentaje de lípidos de los panes enriquecidos con harina de quinua y chia son superiores, esto se debe a que los porcentajes de sustitución utilizados son superiores, además que la chia presenta mayor contenido de grasa en su composición.

Además el contenido de lípidos de panes comerciales es de 6.3 % según (Silveira & Salas, 2013), este dato es inferior a nuestro tratamiento control T6, pero se acerca existe mucha variación en cuanto al contenido de panes comerciales esto varía desacuerdo a la formulación en cuanto al contenido de alguna fuente de grasa de origen vegetal utilizado en el proceso (De la Cruz, 2009) de igual forma los datos obtenidos de lípidos en panes comerciales con 10 % de chia (Bio sano, 2014) fueron de 9.6 %, este resultado de la información nutricional de la empresa Bio sano se asemeja a los resultados obtenidos en los panes enriquecidos con harina de quinua y chia aunque el T2 el cual tenía 10 % de harina de chia y 20 %

de harina de quinua contenía 10.17 %, es superior debido a que también contenía harina quinua y no solo harina de chia.

3.1.4. Cenizas en el pan molde

En la Tabla (18), se presenta el contenido de ceniza (%) en las formulaciones del pan molde.

Tabla 18:
Porcentaje de Cenizas para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			% Cenizas (b.s.)		
	% HQ	% HC	%HT	\bar{X}	\pm	S
T1	20	5	75	3.17 ^a	\pm	0.02
T2	20	10	70	3.41 ^b	\pm	0.00
T3	17.5	6.25	76.25	3.38 ^b	\pm	0.01
T4	17.5	8.75	73.75	3.31 ^c	\pm	0.01
T5	20	7.5	72.5	3.49 ^d	\pm	0.00
T6	---	---	100	2.82 ^e	\pm	0.01

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar. Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 22).

En el (Anexo 22), se aprecia el ANOVA para la ceniza, de ella se desprende que los tratamientos muestran diferencia significativa en el contenido de cenizas, $p\text{-value} < 0.05$. Así en la Tabla (18), se presenta la evaluación Tukey para los tratamientos, en donde los tratamientos T2 y T3 no muestran diferencia significativa (letras iguales), mientras que los otros tratamientos son diferentes, este mismo hecho se puede observar en la Figura (23).

Como se puede apreciar los resultados en la Tabla (18), se observa que a medida que se va incrementando la sustitución con HQ y HC, también incrementa el porcentaje de cenizas. Lo contrario sucede con HT, cuando este incrementa se tiene que el porcentaje de cenizas disminuye. Según. (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006), la quinua presenta un elevado contenido de minerales en su composición, también (De la Cruz, 2009), menciona que el contenido de minerales en una harina incrementa a medida que se utiliza la totalidad del grano, es decir cuando se realizan

extracción de harinas integrales tiene mayor contenido de minerales, como es en este caso para la elaboración del pan de molde, la harina de quinua que se obtuvo en la molienda fue del grano completo. Es por esto que este presenta mayor contenido de minerales y por ende mayor contenido de cenizas.

También podemos observar que el T5 presenta mayor contenido de cenizas 3.49 % y el T6 presenta menor contenido de cenizas 2.82 %, si observamos que el contenido de ceniza incrementa con la sustitución de HQ lo que nos es muy significativo con la HC. Se puede observar el ANOVA para las cenizas (Anexo 22), el valor del *p-value* fue menor a $\alpha=0.05$, por lo que se puede decir que estadísticamente los valores obtenidos de cenizas para los diferentes panes de molde son diferentes, por lo menos dos de ellos a un nivel de significancia de 5 %, así mismo cuando realizamos el test de tukey podemos ver que los tratamientos T2 y T3 no presentan diferencia mínima significativa es decir $T2=T3$ (Anexo 22), aunque matemáticamente sean diferentes se puede decir que estos tratamientos estadísticamente son iguales a un nivel de significancia de 5 %. Así mismo podemos observar en diagrama de medias para las cenizas Figura (23), que el T2 y T3 se solapan o superponen, mientras que el resto de tratamientos no se superponen con los otros. Es decir son diferentes.

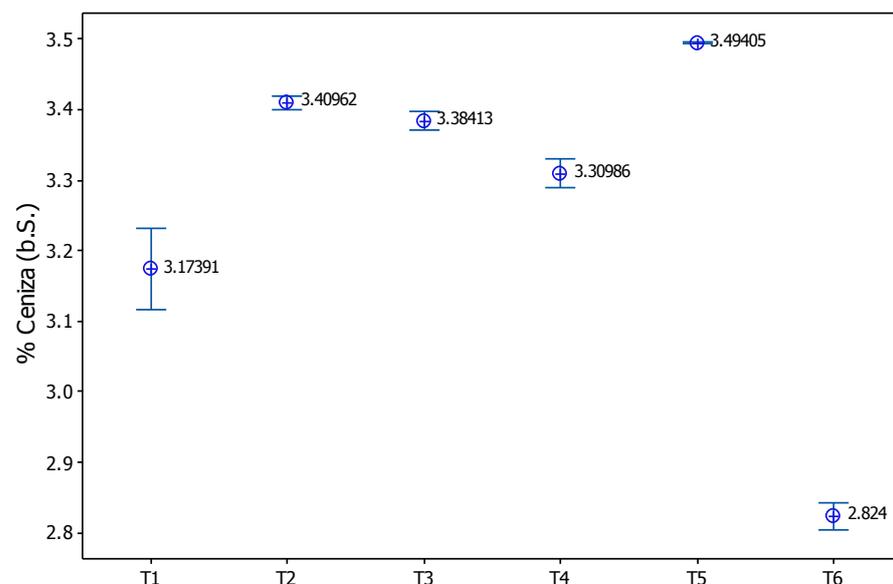


Figura 23: Diagrama de medias para el % de Cenizas
Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5 \%$ (Anexo 22)

Según la norma técnica peruana NTP 2006.004 (INDECOPI, 1988), el límite máximo para los panes molde en cuanto al porcentaje de ceniza es de 4 % en b.s, los resultados obtenidos de ceniza en los panes con HQ y HC están dentro del rango permitido por la NTP 200.004 esto quiere decir que nuestro pan cumple con los requisitos exigidos respecto al contenido de cenizas. También (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006), en su investigación de panes con HQ el contenido de cenizas que obtuvo fue entre 1.8 % y 2.64 % en los diferentes tratamientos el investigador menciona que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución también incrementa el porcentaje de cenizas, Este problema se presenta por que al momento de realizar la molienda, esta se lleva a cabo de forma inadecuada, obteniendo así un tamaño de partícula inadecuado, y la harina puede quedar con residuos de pericarpio. También se tiene en cuenta que la quinua posee un elevado contenido de minerales; pero los valores de todos los tratamientos se encontraron dentro del límite permisible de panes molde (INDECOPI, 1988), comparando sus resultados se asemejan a los resultados de panes de los panes molde con HQ y HC aunque resultaron ligeramente superior algunos tratamientos, esto se debe a que el porcentaje de sustitución que se utilizó fue superior, además que se utilizó HC, lo que no sucedió con el investigador en mención.

(Yela Molina, 2004). Determinó cenizas a panes comerciales, En cuanto a la cantidad de cenizas obtenidas de las muestras de pan analizadas se puede observar, que las muestras se encuentran dentro del límite de referencia, ya que tuvo como resultado los rangos entre 2.33 y 3.45 y le atribuye la variación a los diversos componentes del pan que cada una de las empresas utiliza en su fabricación. Los resultados obtenidos en los panes con HQ y HC se asemejan, siendo ligeramente superiores.

En la Figura (24) se muestra los efectos del enriquecimiento del pan molde, se aprecia que la formulación con el 100 % de HT es la que presenta menor contenido de cenizas, y que a medida que se aumenta la sustitución de HQ y HT incrementa el porcentaje de cenizas, y lo contrario sucede con la disminución porcentual de HT.

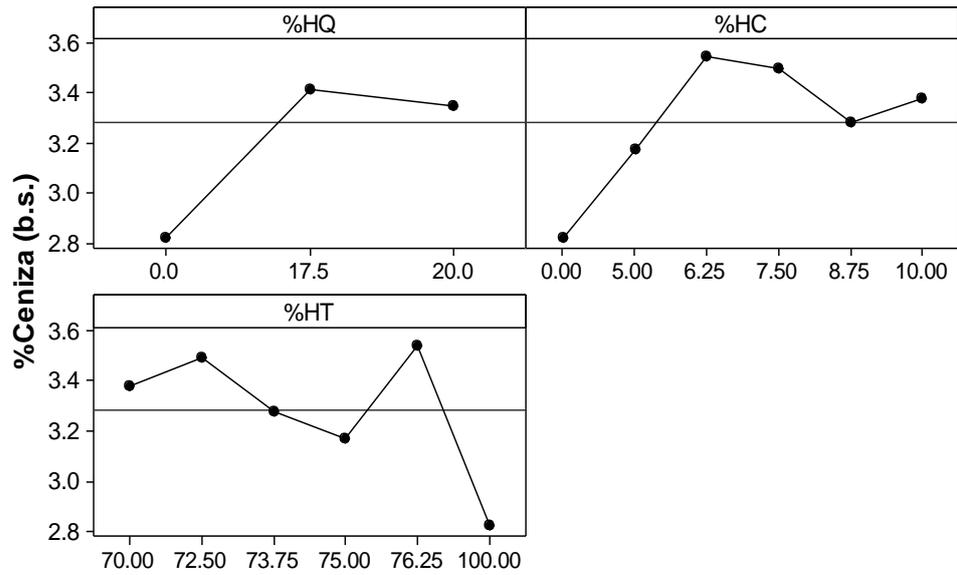


Figura 24: Diagrama de efectos sobre el % de cenizas

La Figura (25), muestra que el incremento de HQ en la formulación resulta en mayor contenido de cenizas, aunque no es muy significativo con el incremento de HC.

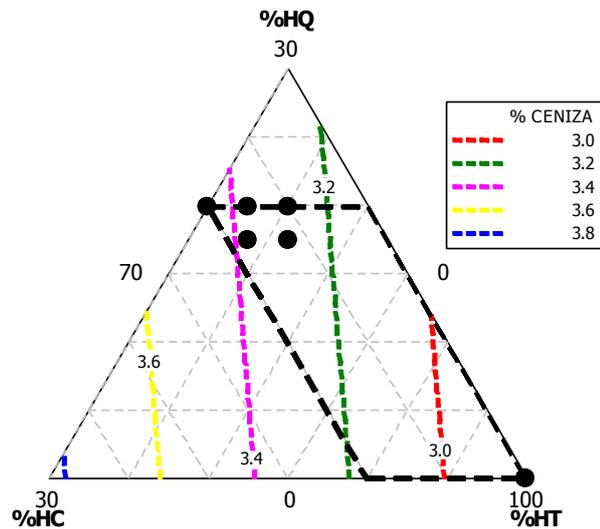


Figura 25: Superficie de respuesta para el % de Cenizas

3.1.5. Fibra en el pan molde

En la Tabla (19), se muestra el contenido porcentual de fibra en las distintas formulaciones del pan molde.

Tabla 19:
Porcentaje de Fibra para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			% Fibra (<i>b.s.</i>)		
	% HQ	% HC	% HT	<i>X</i>	±	<i>S</i>
T1	20	5	75	11.000 ^a	±	0.013
T2	20	10	70	14.997 ^b	±	0.171
T3	17.5	6.25	76.25	9.132 ^c	±	0.109
T4	17.5	8.75	73.75	10.415 ^a	±	0.428
T5	20	7.5	72.5	12.997 ^d	±	0.096
T6	---	---	100	6.132 ^e	±	0.143

Donde *X* es la media, *s* es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 23).

En el (Anexo 23), el ANOVA indica que existe diferencia significativa entre las formulaciones es decir *p-value* < 0.05, es así que en la Tabla (19) la aplicación del test Tukey indica que el tratamiento T1 y T4 no presentan diferencia significativa muestran similar contenido de fibra, mientras el resto de tratamientos difieren, letras diferentes este hecho es apreciable también en la Figura (26).

(De la Cruz, 2009), en su investigación de panes molde con HQ y suero de leche reportaron contenido de fibra de 10.7 %, los valores reportados en los panes con HQ y HC son mayores, esto se debe a que la cantidad de sustitución fue superior y a mayor sustitución existe incremento de contenido de fibra.

La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre los que destacan la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas. Estos polímeros no se encuentran de manera natural en los alimentos de origen animal, ya que son exclusivos de los vegetales. La composición de dichas fibras es muy variada en los distintos alimentos y depende de muchos factores, entre los que destaca la

madurez del producto y cuando se extraen harinas de cereales del grado de extracción, si en la molienda se utiliza toda la semilla el contenido de fibra es mayor ya que estos se encuentran en mayor cantidad en las paredes celulares (Badui Dergal , 2006), así mismo se puede observar claramente en la Tabla (19) que a medida que incrementa la sustitución también incrementa el contenido de fibra, esto se debe a que la quinua y chia presentan en su composición mayor contenido de fibra que la harina de trigo.

En la Figura (26) se puede observar claramente que el T1 se solapa o superpone con el T4, mientras el resto de tratamientos no.

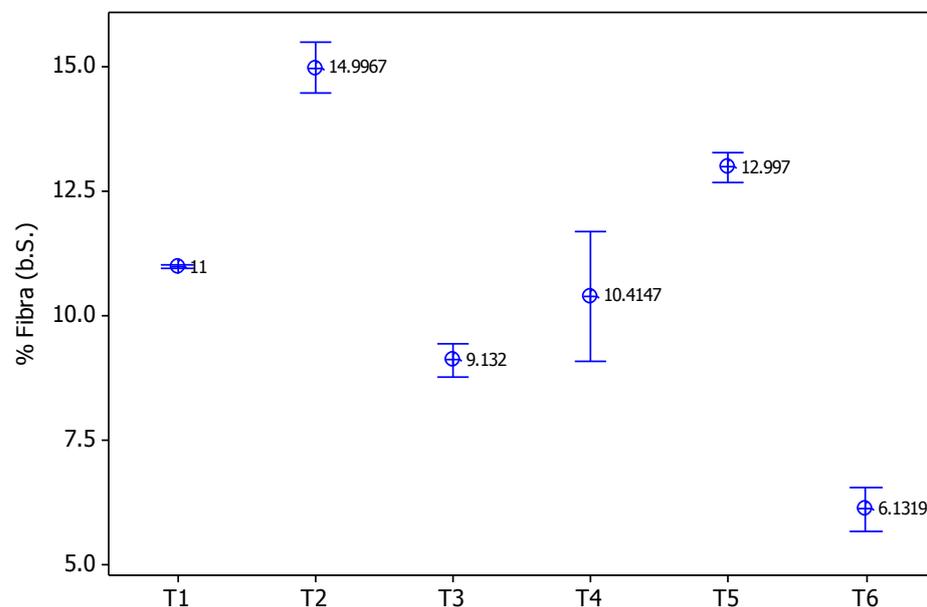


Figura 26: Diagrama de medias para el % de fibra

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 01)

En la Figura (27) se aprecia que a mayor contenido de HQ y HC hacen que la fibra sea mayor, por el contrario disminuye el % de fibra con el incremento de HT.

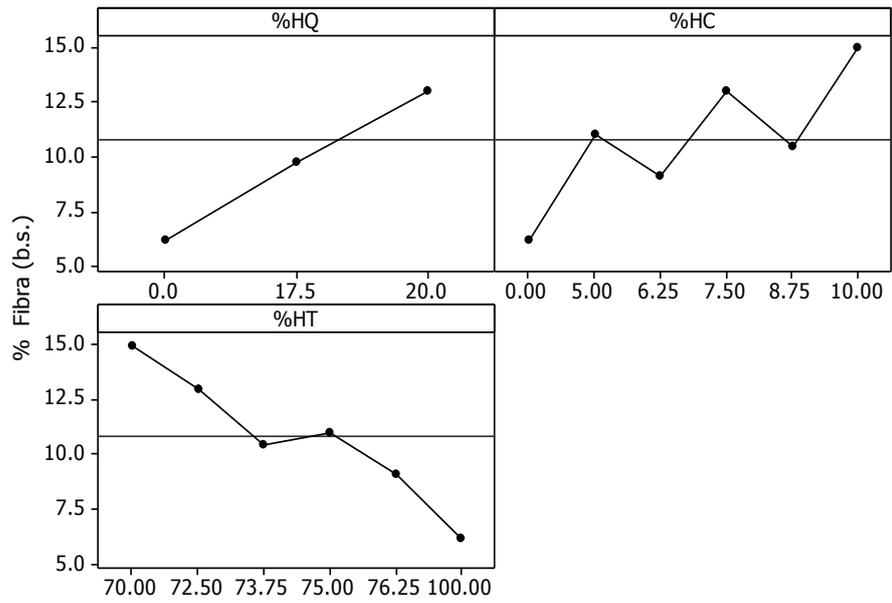


Figura 27: Diagrama de efectos sobre el % de Fibra

En la Figura (28), se aprecia claramente que cuando incrementamos la HQ aumenta el contenido de fibra en las formulaciones del pan molde, pero aumenta ligeramente con HC, y disminuye grandemente con la HT.

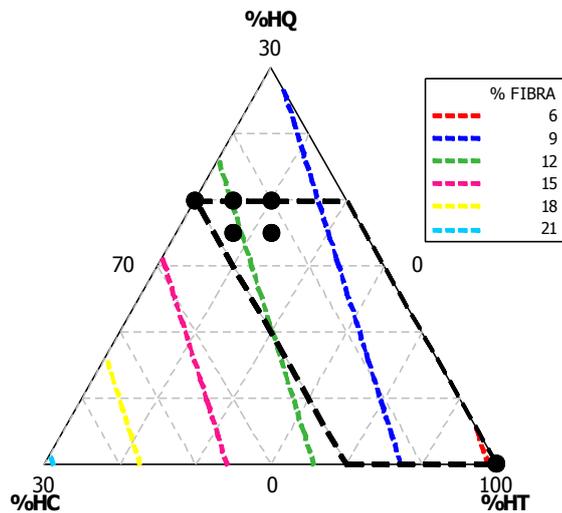


Figura 28: Superficie de respuesta para el % de fibra

(Yela Molina, 2004), menciona que los panes comerciales tiene contenido de fibra 6 %, comparando con los panes con HQ y HC. Los resultados de fibra son superiores, obteniendo valores hasta de 15 % superando el valor de los panes comerciales, esto es bueno debido a que la fibra presenta beneficios para personas diabéticas, con colesterol elevado y personas que padecen enfermedades crónicas asociadas a la obesidad, ya que la fibra insoluble actúa fundamentalmente sobre el tránsito intestinal y la fibra soluble regula los niveles de glucosa en la sangre, equilibra los niveles de colesterol entre otros (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006)

3.1.6. Acidez y pH en el pan molde.

Los resultados de pH y acidez se muestran en la Tabla (20), se aprecia que el pH oscila alrededor de 6 que corresponde ligeramente a ser ácido. Así mismo se puede apreciar la existencia de una relación inversa con la acidez, por ejemplo en el tratamiento T6, a mayor pH menor es la acidez. Este hecho es recíproco.

Tabla 20:
Acidez y pH para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			% Acidez	pH
	% HQ	% HC	% HT	$X \pm S$	$X \pm S$
T1	20	5	75	0.0166 ^c ± 0.0007	6.01 ^c ± 0.004
T2	20	10	70	0.0085 ^b ± 0.0012	5.96 ^a ± 0.002
T3	17.5	6.25	76.25	0.0089 ^b ± 0.0007	6.04 ^d ± 0.002
T4	17.5	8.75	73.75	0.0082 ^b ± 0.0014	6.00 ^b ± 0.003
T5	20	7.5	72.5	0.0093 ^b ± 0.0007	6.01 ^c ± 0.001
T6	---	---	100	0.0053 ^a ± 0.0007	6.07 ^e ± 0.004

Donde X es la media, s es la desviación estándar
Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexos 24 y 25)

Respecto a la acidez el T5 es el que presenta mayor porcentaje 0.0093 % y el T6 menor porcentaje 0.0053 % se observa que a medida que se incrementa la sustitución, incrementa el porcentaje de acidez; lo contrario ocurre con el pH, ahí se observa que cuando incrementa la sustitución disminuye el pH en los panes, el T6 fue el que tuvo mayor contenido de pH

6.07 % y el T2 menor contenido de pH 5.96 %. Es decir que el pH tiende ligeramente a ser ácido. Evaluando el ANOVA (Anexos 24 y 25), el valor del *p-value* fue menor a $\alpha=0.05$, por lo tanto estadísticamente los valores obtenidos de acidez y pH para los diferentes panes de molde presentan diferencia mínima significativa, es decir son diferentes, por lo menos dos de ellos a un nivel de significancia de 5 %.

Cuando realizamos el test de tukey respecto a la acidez podemos ver que los tratamientos T2=T3=T4=T5 no presentan diferencia mínima significativa es decir son iguales Tabla (20) letras iguales, aunque matemáticamente sean diferentes, se puede decir que estos tratamientos estadísticamente son iguales a un nivel de significancia de 5 %. Así mismo podemos observar en el diagrama de medias para la acidez Figura (29), que el T2, T3, T4 y T5 se solapan o superponen, mientras que el resto de tratamientos T1 y T6 no se superponen con los otros tratamientos. Son diferentes.

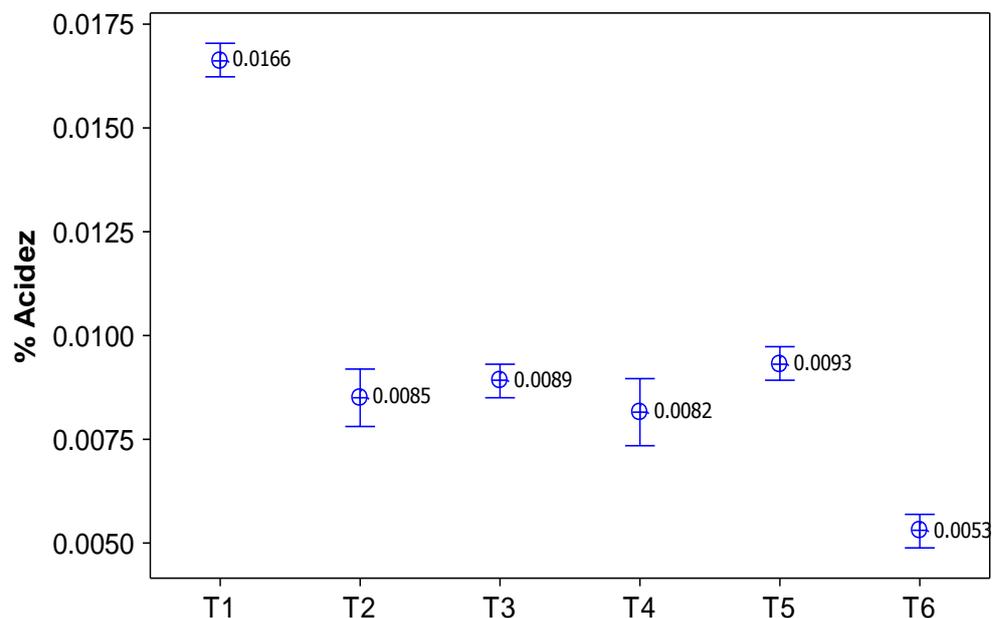


Figura 29: Diagrama de medias para el % de Acidez.
Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 24)

De igual forma realizamos el test tukey para el pH podemos ver que los tratamientos T5=T1 no presentan diferencia mínima significativa es decir son iguales Tabla (20) letras iguales, aunque matemáticamente sean diferentes se puede decir que estos tratamientos estadísticamente son

iguales a un nivel de significancia de 5 %. Así mismo el diagrama de medias para el pH Figura (30) nos indica que el T5 y T1 se superponen, mientras que el resto de tratamientos no se superponen. Es decir son diferentes.

En el caso del pH, en la Tabla (20) se aprecia que T1 y T5 son similares en cuanto al pH (letras iguales), mientras que los demás tratamientos son diferentes entre sí, este hecho se evidencia en la Figura (30).

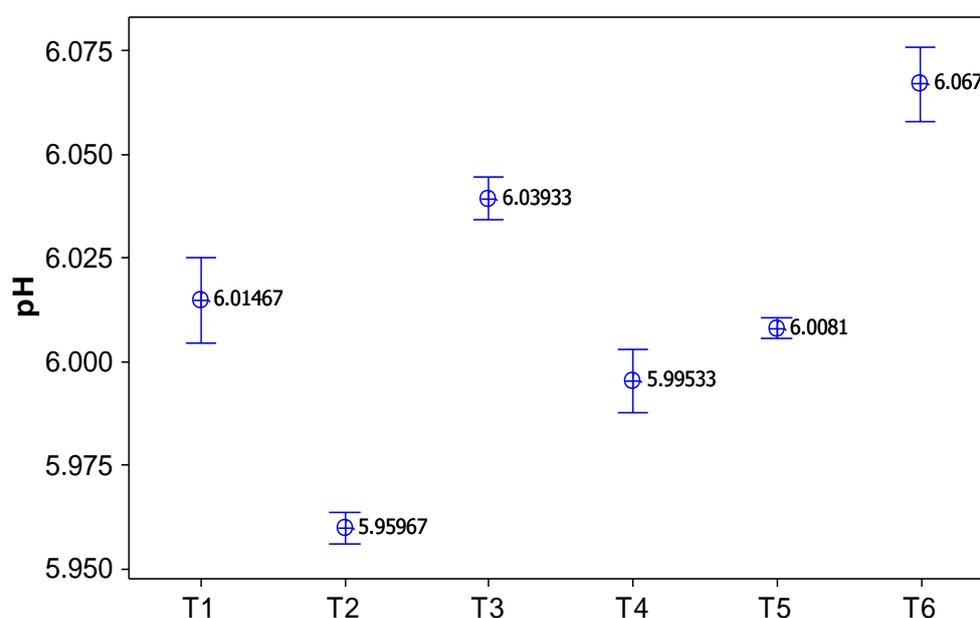


Figura 30: Diagrama de medias para el % de pH

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 25)

También se evidencia en las Figuras (31) y (32), donde los incrementos de HQ y HC aumentan la acidez pero disminuyen el pH, y los incrementos de HT resultan en una disminución de la acidez por ende un aumento del pH del pan molde.

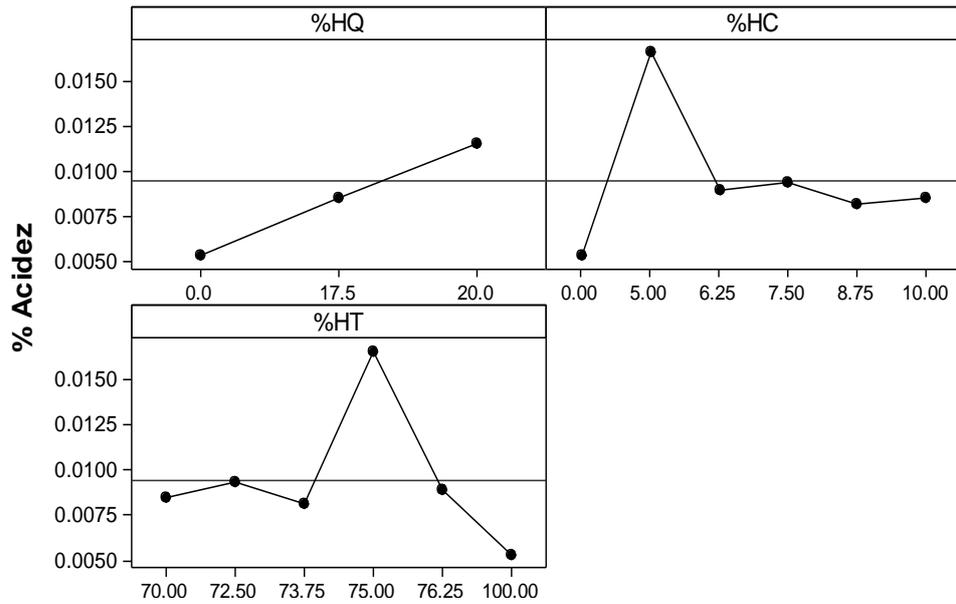


Figura 31: Diagrama de efectos sobre el % de acidez

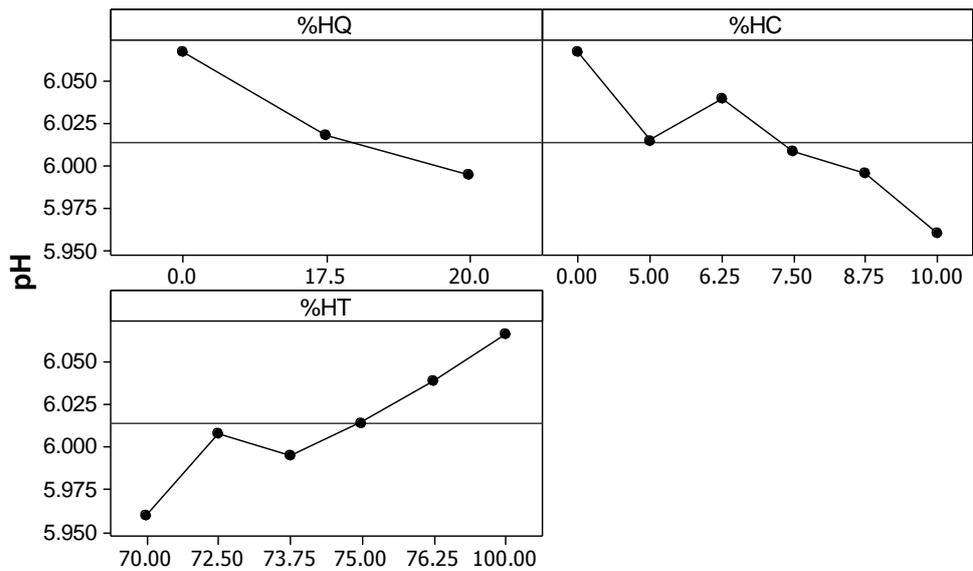


Figura 32: Diagrama de efectos sobre el pH

En las Figuras (33) y (34), se muestra que respecto a la acidez en cualquier punto es inferior a 0.05 que es el límite máximo permitido según NTP 2006.004 (INDECOPI, 1988) y además respecto al pH los valores son inferiores a 7 lo que indica que los panes tienden a ser ácidos

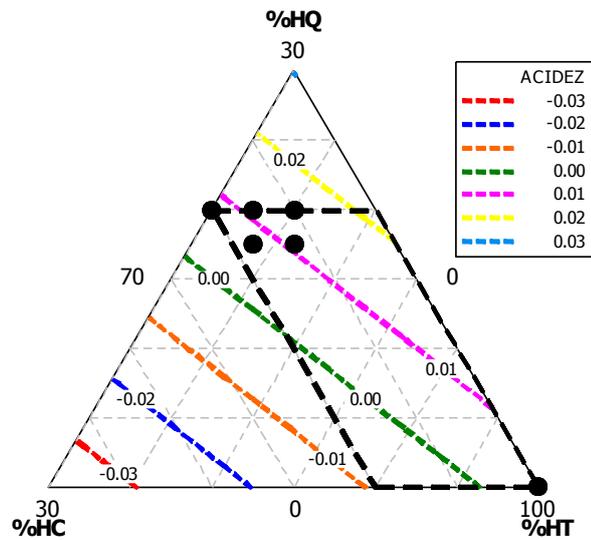


Figura 33: superficie de respuesta para el % de Acidez

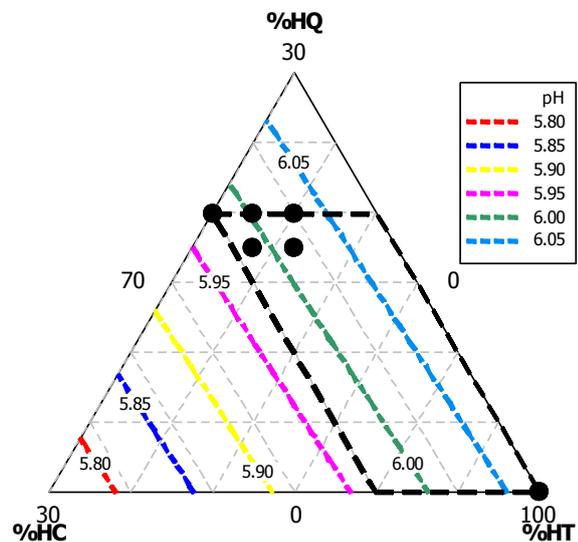


Figura 34: superficie de respuesta para el PH.

Según la norma técnica peruana NTP 2006.004 (INDECOPI, 1988) establece que el límite máximo permisible de acidez en los panes de molde es de 0.5 % (expresada en ácido sulfúrico), los valores obtenidos de los

panes molde con HQ y HC están dentro del límite que establece la norma, debido a que tiene valores por debajo de 0.5 %.

(Tejero Aparicio, 1992), establece el límite permitido de pH para el pan molde es de 4.5 a 6.5, en los resultados de los panes con HQ y HC está entre los rangos de 5.96 y 6.07 estos resultados están dentro de los límites permisibles para panes molde; (Yela Molina, 2004), realizó análisis a diferentes panes comerciales obteniendo los valores de 5.21 y 6.62 en donde en algunas muestras se encontraron ligeramente por encima del límite máximo, estos datos se asemejan a los datos de los panes molde con HQ y HC aunque los panes si cumplen con los rangos de límites permitidos.

Las grasas presentes en el pan de molde o en las harinas en su elaboración, al igual que en otros alimentos pueden sufrir un proceso de enranciamiento a consecuencia de la acción del aire o la luz. Esta oxidación es la encargada de incrementar la acidez de los alimentos (Coulter, 2002), debido a que el pan molde con HQ y HC tienden un poco a ser ácidos, además que la chía tiene en su composición lípidos de 35 a 40 %. (Tejero Aparicio, 1992), menciona que para poder evitar problemas de acidez o enranciamiento se usa en la elaboración de este producto los antioxidantes, retardando así el desarrollo de olores y sabores agrios en el producto final y durante su conservación.

3.2. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

3.2.1. Volumen del pan

Los resultados del volumen del pan se aprecia en la Tabla (21), donde se observa que los valores oscilan entre 2512.7 y 2247.3 (ml), se puede ver que el T6 control presenta mayor volumen mientras que el T2 que presenta mayor porcentaje de sustitución presenta menor volumen, así mismo se puede apreciar que los tratamientos cuyas letras son iguales no presentan diferencia mínima significativa.

Tabla 21:
Volumen (ml) para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			Volumen (ml)		
	% HQ	% HC	% HT	\bar{X}	\pm	S
T1	20	5	75	2344.7 ^c	\pm	35.9
T2	20	10	70	2247.3 ^a	\pm	11.4
T3	17.5	6.25	76.25	2346.0 ^c	\pm	7.8
T4	17.5	8.75	73.75	2310.0 ^{b,c}	\pm	15.0
T5	20	7.5	72.5	2271.3 ^{a,b}	\pm	19.1
T6	---	---	100	2512.7 ^d	\pm	27.6

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar
Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 26)

Cuando realizamos el análisis de varianza respecto al volumen del pan, observamos que existe diferencia significativa entre los tratamientos, es decir $p\text{-value} < 0.05$ (Anexo 26), la aplicación para los diferentes tratamientos a través del ANOVA, indica que al menos un par de tratamientos es diferente. Cuando realizamos el test Tukey, Tabla (21) las letras iguales indica que los tratamiento T2 (20 % HQ, 10% HC y 70 % HT) y T5 (20 % HQ, 7.5 % HC y 72.5 % HT) no muestran diferencia significativa, asimismo T4 y T5, como T1, T3 y T4, éste mismo hecho se aprecia en la Figura (35), cuando observamos que algunos tratamientos se solapan mientras otros no.

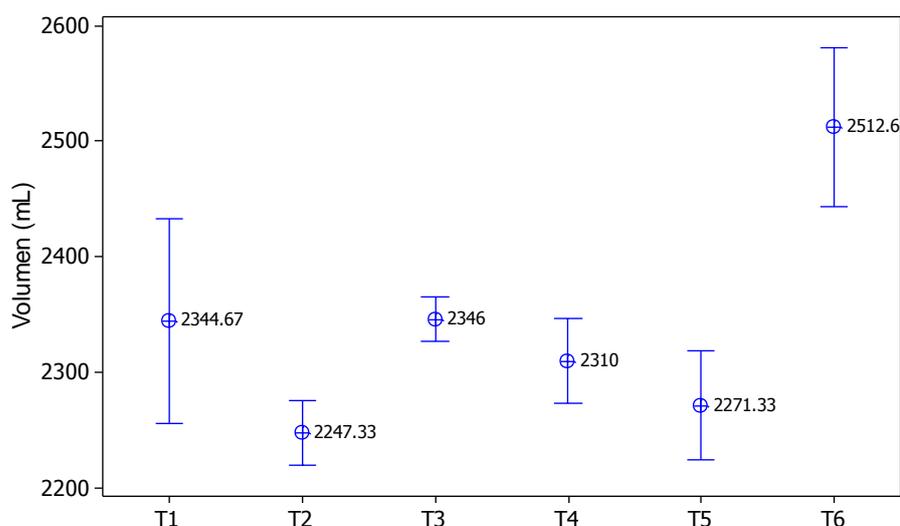


Figura 35: Diagrama de medias para el volumen del pan

Así mismo cuando realizamos la prueba del test de tukey (Anexo 26) podemos apreciar que $T1=T3=T4$, $T2=T5$ y $T4=T5$, estos no presentan diferencia significativa a $\alpha=0.05$, es decir que estadísticamente son iguales, además podemos observar en el diagrama de medias Figura (35), resulta que estos tratamientos se superponen.

La disminución de volumen ocurre debido a que en la fermentación y la cocción, el crecimiento de las burbujas de gas determina el aumento de volumen de la masa, así como la textura del producto horneado (Collar & Bollaín , 2005). Se observó claramente que a medida que se incrementa la HT, el volumen aumenta, lo contrario sucede cuando incrementamos la HQ y HC Tabla (21). Es sabido que los panes elaborados con harinas integrales a menudo poseen menor volumen, miga y corteza más oscura (Heiniö, 2003).

Para (Silveira & Salas , 2013), la concentración más alta de harina de chía afectó directamente el porcentaje de volumen. En la formulación ocurre una disminución del volumen en los panes, lo que está directamente asociado con el gluten y un debilitamiento de su estructura. Según (Silveira Coelho & Salas Mellado, 2013), el compromiso de esta estructura de las proteínas implica cambios de las propiedades viscoelásticas de la masa que no puede formar una red capaz de ampliar su volumen, dar una forma adecuada al pan y retener eficientemente los gases formados por la fermentación, resultando en panes de menor volumen., asimismo (Aguilar Valenzuela , 2011), mostró que el pan sustituido con harina de lenteja presentó un volumen menor que el pan elaborado sólo con harina de trigo, esto debido a que la estructura de la miga no tuvo suficiente fuerza para mantener el dióxido de carbono producido durante la fermentación. Así la sustitución de HQ y HT disminuye el volumen del pan debido a su bajo contenido de gluten.

(Tejero Aparicio, 1992), Menciona que para obtener un adecuado volumen no sólo depende de la calidad de harina, sino también de la manipulación del panadero (amasado), la harina de trigo producirá piezas con un volumen característico que depende de la calidad y cantidad del gluten y de la cantidad de azúcar presente. (Sanz Ponce, 2008) Obtuvo

disminución de volumen en panes con harina de amaranto debido a que presentan partículas de salvado, el cual puede dificultar la formación de la red glutinosa, que a su vez se vio afectada por la menor cantidad de gluten en las muestras con harina integral de amaranto, por tanto, repercutió en el volumen y dureza de la miga. También (Rivera, 2006), menciona que las sustituciones afectan el comportamiento del mezclado y llega un momento en que no hay tenacidad ni elasticidad para resistir a la presión de los gases produciendo un pan pequeño.

En la Figura (36) se tiene los resultados de los efectos sobre el volumen de los panes enriquecidos con HQ y HC, claramente se aprecia que el incremento de harina de trigo aumenta el volumen del pan molde, Tabla (21), sin embargo los incrementos de harina de quinua y harina de chia lo disminuyen, de estos dos, la mayor sustitución de harina de chia disminuye más el volumen del pan.

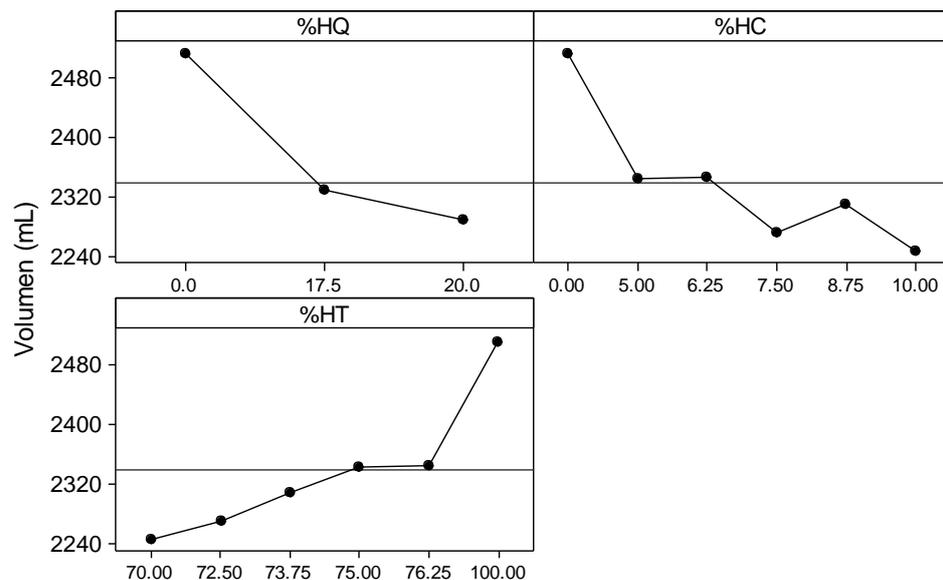


Figura 36: Diagrama de efectos sobre el volumen

En el análisis de las mezclas de harinas mostradas en la Figura (37), se observan las líneas de restricción para las mezclas, donde indica que el incremento de HT aumenta el volumen del pan, mientras la HQ y HC disminuyen el volumen.

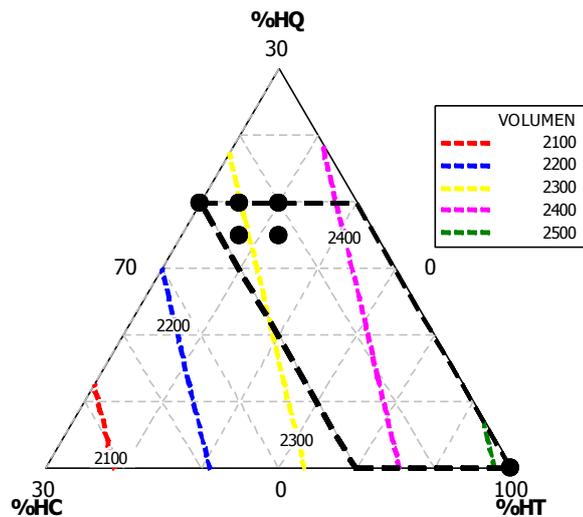


Figura 37: Superficie de respuesta para el volumen de pan

3.2.2. Textura del pan

Los resultados se muestran en la Tabla (22), en ella se aprecia que a medida que incrementan la HQ y HC aumentan la dureza del pan molde. Pero cuando incrementamos HC al 10 % la dureza vuelve a disminuir debido a que en su composición existen coloides.

Por otra parte la formulación T3 (17.5 % HQ, 6.25 % HC y 76.25 % HT) presentan la mayor dureza 569.67 ± 67 g-f, mientras que para la formulación patrón T6 (100 % HT), la dureza es la menor 249.33 ± 21.73 g-f. (Silveira & Salas , 2013), reportaron valores de la dureza del pan sustituido con chia cuyo valor oscila alrededor de 1000 g-f, mientras que (Merino Sauces, 2013) reporta valores de la dureza del pan sin gluten mayores de 721.9 g-f.

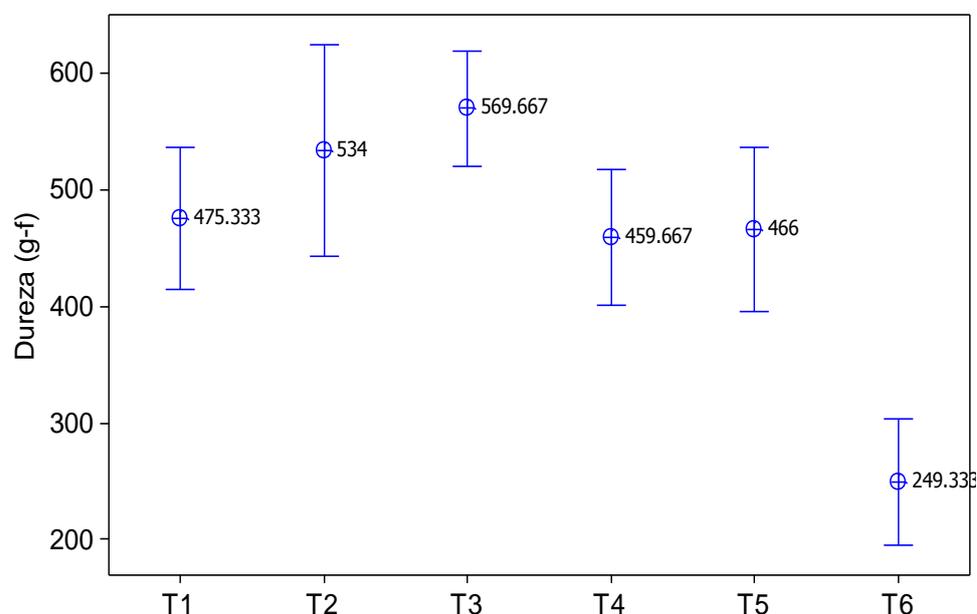
Tabla 22:**Textura (dureza y elasticidad) para el pan molde**

Tratamiento	Formulación del pan			Dureza (g-f)		Elasticidad (mm)	
	% HQ	% HC	% HT	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$
T1	20	5	75	475.33 ^{b,c}	± 24.34	6.84 ^c	± 0.15
T2	20	10	70	534.00 ^{c,d}	± 36.39	6.10 ^b	± 0.27
T3	17.5	6.25	76.25	569.67 ^d	± 19.86	5.96 ^b	± 0.17
T4	17.5	8.75	73.75	459.67 ^b	± 23.44	3.86 ^a	± 0.21
T5	20	7.5	72.5	466.00 ^{b,c}	± 28.16	3.76 ^a	± 0.21
T6	---	---	100	249.33 ^a	± 21.73	4.12 ^a	± 0.07

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexos 27 y 28).

Por otra parte en los (Anexos 27 y 28), se aprecia que los tratamientos presentan diferencia significativa $p\text{-value} < 0.05$, es decir la sustitución de HQ y HC, tiene efecto en la dureza y la elasticidad del pan, así en la Tabla (22), este hecho también se puede evidenciar en las Figuras (38) y (39), donde los al menos un intervalo no se superpone, esto es indicativo de diferencia significativa.

**Figura 38: Diagrama de medias para la dureza del pan**

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 27)

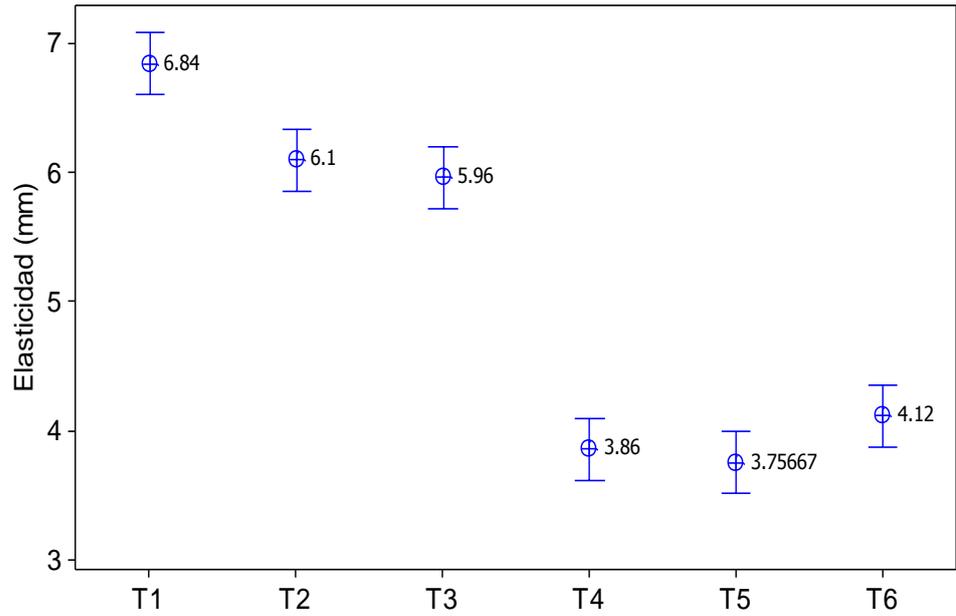


Figura 39: Diagrama de medias para la elasticidad del pan

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 05)

En las Figuras (40) y (41) se puede apreciar que incrementos de HQ y HC aumentan la dureza del pan molde, lo contrario sucede con el trigo,

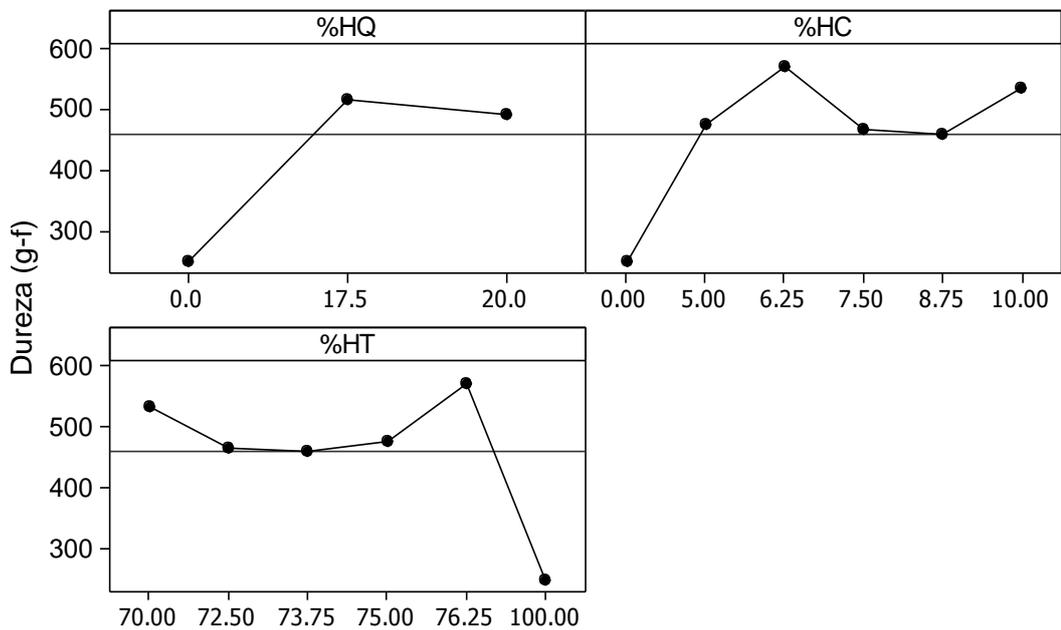


Figura 40: Diagrama de efectos sobre la dureza del pan

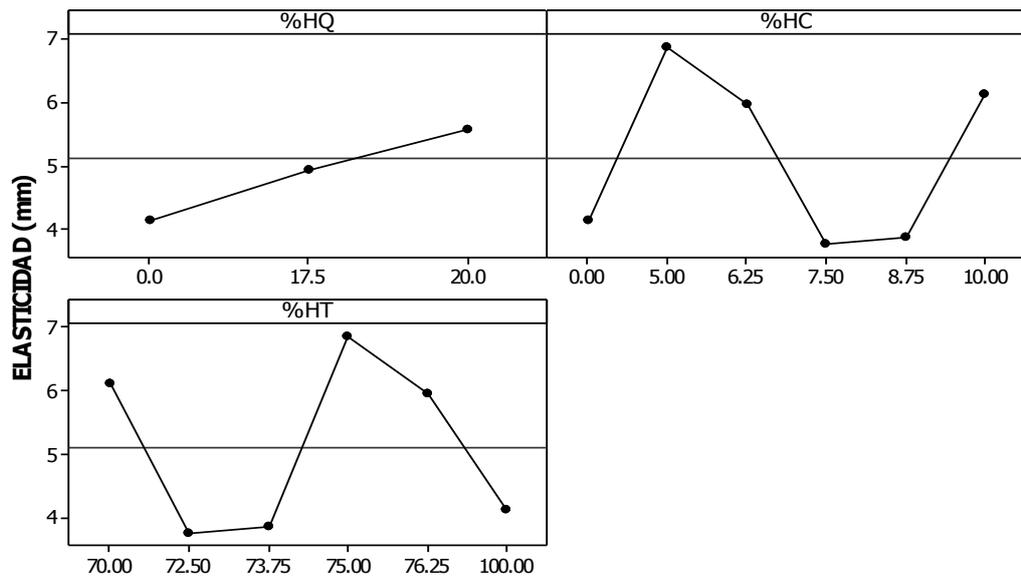


Figura 41: Diagrama de efectos sobre la elasticidad del pan

En la Figura (42) muestra la superficie de respuesta para la dureza del pan molde, donde para lograr bajos valores de dureza del pan se deberá incrementar la harina de trigo o en su defecto aumentar HC, mientras que los valores de HQ no deben sobrepasar de 18 %.

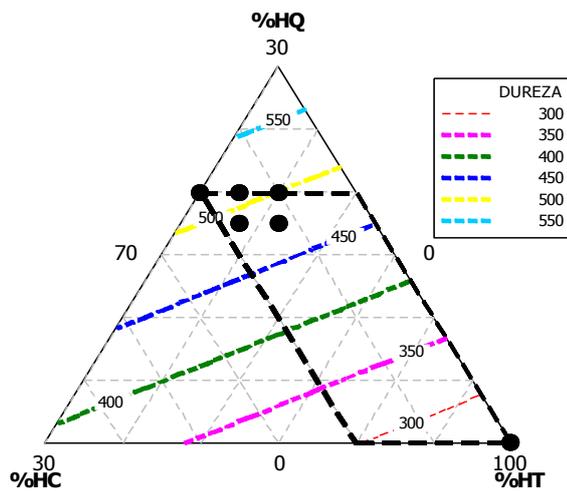


Figura 42: Superficie de respuesta para la dureza del pan

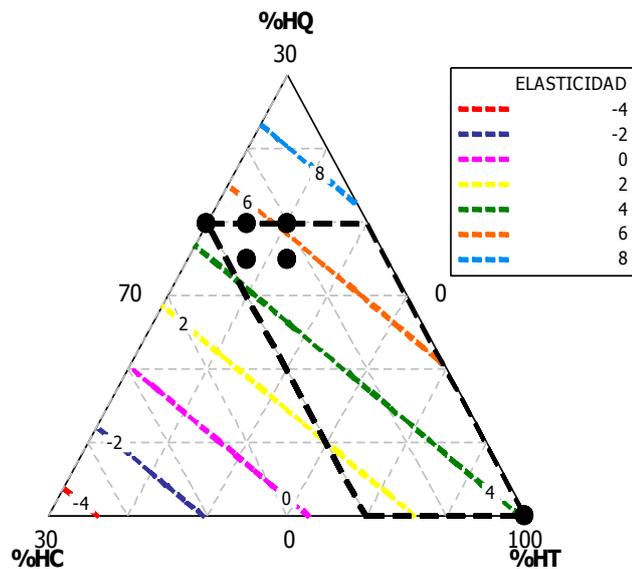


Figura 43: Superficie de respuesta para la elasticidad del pan

La textura del pan se determinó en términos de la dureza y la elasticidad. La dureza del pan de molde es la característica más evidente de la textura observada por los consumidores, que influye grandemente en el juicio de la aceptabilidad del producto (Cauvain & Young, 2009). Este es uno de los parámetros más importantes y se relaciona con la fuerza aplicada para causar deformación o rotura de la muestra evaluada en texturómetros mecánicos (Esteller, Amaral, & Lannes, 2004) y está relacionado con la mordedura humana durante la ingesta de alimentos. La fuerza máxima evaluada para productos de panadería es dependiente de la formulación (calidad de la harina, la cantidad de azúcares, grasas, emulsionantes, enzimas, adición de mejoradores de gluten y harina) de la conservación de la masa y de la humedad (sincronización de producto, fabricación y embalaje).

Por otra parte la elasticidad del pan disminuye con la disminución de la HT por ejemplo cuando HT es 72.5 % la elasticidad es 37.6 ± 0.21 mm, para (Merino Saucedo, 2013), la elasticidad de los panes es mayor en aquellos elaborados con almidones, Un pan de alta calidad con un buen grado de frescura está relacionado con unos altos valores de elasticidad,

sin embargo, un pan con bajos valores de elasticidad tiende a desmigajarse cuando se le rebana (Mc Carty, Gallagher, Gormley, Schober, & Arendt, 2005). Al cocerse el pan, el gluten de la masa se expande debido al dióxido de carbono producido por acción de la levadura, dando a la masa una textura esponjosa y elástica (Calaveras , 1996).

Así mismo (Alvis, Pérez, & Arrozala , 2010), evaluó la textura en panes con sustitución de harina de arroz y obtuvo dureza entre 407.88 a 1091.096 g-f y elasticidad entre 9 a 12 mm, estos datos se asemejan a los datos de los panes con HQ y HC, además también (Acosta Granada , 2013), menciona que la dureza para los panes comerciales en promedio está entre 636.30 g-f, que es admitido como panes de buena calidad respecto a la dureza y que valores superiores a 1000 g-f, corren el riesgo de asemejarse más a galletas ya que éstas tienden a ser más duras.

Se puede decir que a medida que se incrementa la sustitución aumenta la dureza, de igual manera sucede con la elasticidad como se aprecia en la Tabla (31), debido a que la sustitución con HQ y HC afectan en sus propiedades.

3.2.3. Humedad del pan.

Se observa en la Tabla (23), que a medida que se incrementa la sustitución con HQ y HC disminuye la humedad en lo panes molde, esto debido a los componentes que tiene la quinua y chía y a la capacidad de retención de agua que tiene los cereales que son superiores a la del trigo (Coultrate, 2002), comparados con el tratamiento control presenta menor contenido, debido a que la chía presenta una característica peculiar de formar coloides y este hace que no pueda permitir la eliminación de agua al secar en una estufa (Ivana Capitani, 2013).

Tabla 23:
Humedad (%) para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			Humedad (%)		
	% HQ	% HC	% HT	\bar{X}	\pm	S
T1	20	5	75	28.55 ^a	\pm	0.01
T2	20	10	70	32.57 ^b	\pm	0.24
T3	17.5	6.25	76.25	30.77 ^c	\pm	0.09
T4	17.5	8.75	73.75	30.90 ^c	\pm	0.67
T5	20	7.5	72.5	31.50 ^c	\pm	0.28
T6	---	---	100	32.75 ^b	\pm	0.07

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar
Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 29)

Podemos observar en el ANOVA (Anexo 29), que existe diferencia mínima significativa respecto a los tratamientos al menos para un par de tratamientos a un nivel de confianza $\alpha=0.05$, de igual forma cuando realizamos el test de tukey se observa que T3=T4=T5 y T2=T6, estos tratamientos no presentan diferencia mínima significativa, mientras T1 es diferente a los demás tratamientos como se puede ver en el (Anexo 29), también se encuentra graficado en la Figura (44) que los tratamientos iguales se superponen mientras que T1 no se superpone con ningún tratamiento.

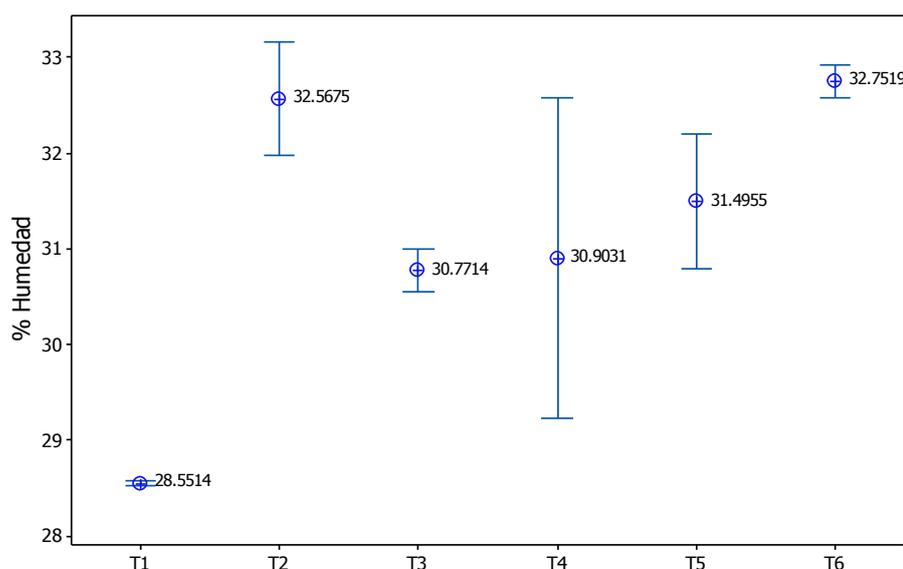


Figura 44: Diagrama de medias para la humedad del pan
Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5 \%$ (Anexo 05)

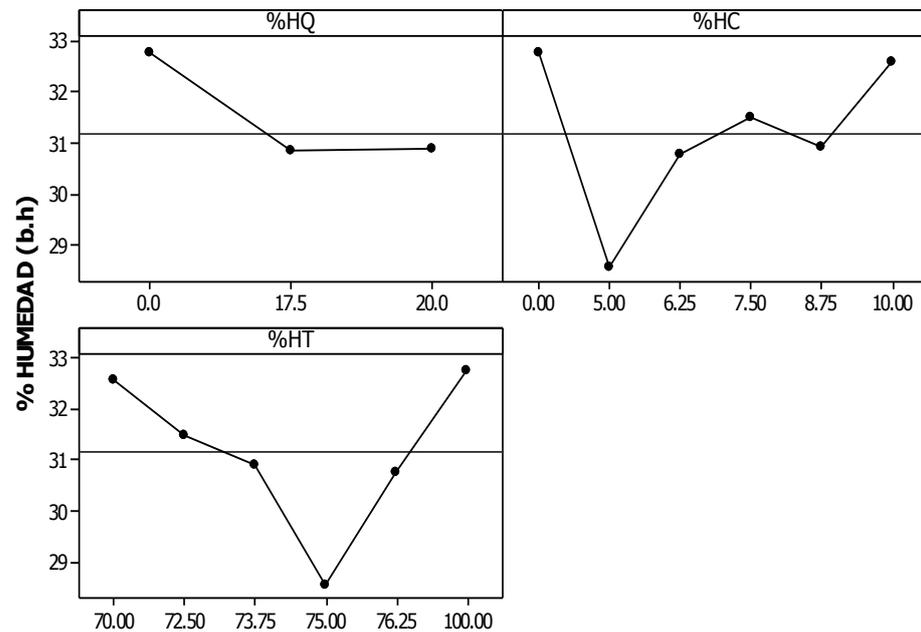


Figura 45: Diagrama de efectos sobre la humedad del pan.

Según La norma técnica peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988) la humedad del pan de molde será como máximo 40 % (base húmeda) para cualquier tipo de pan de molde y en la Tabla (34), la humedad del pan molde con sustitución oscila entre 28.55 a 31.50 %, correspondiendo la mayor humedad al tratamiento T2 el cual tiene 20 % de HQ y 10 % de HC. Por lo tanto están dentro de los límites permitidos, y respecto a la humedad cuenta con la calidad de los panes de molde.

Para (Silveira & Salas , 2013), el incremento de sustitución de chia, logra en disminución de la humedad del pan, debido a las características higroscópicas que la presenta. Debido a que mediante la formación de coloides de la chia imposibilita la evaporación de agua en el estufa, además la chia presenta propiedades hidrofílicas teniendo la capacidad de absorber 12 veces su peso en agua, los coloides hidrofílicos son sustancias aguadas gelatinosas capaces de retener agua.

Según (Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006), afirma que a medida que aumenta los porcentajes de sustitución por harina de quinua en los tratamientos, el porcentaje de humedad disminuye; debido a que la quinua contiene menos agua que el trigo.

El elevado contenido de humedad de la harina de trigo, reduce el porcentaje de absorción de agua. En los análisis de humedad se observó que el patrón del porcentaje de humedad es alto, pero al hacer las sustituciones de HT por HQ se observa que estos varían notablemente al ir incrementando el porcentaje de sustitución por quinua.

De igual forma (Fuentes Aguilar, 2012), menciona que disminuye el contenido de humedad en alimentos enriquecidos con chia, debido a que este presenta contenido de fibra (fibra dietética soluble), la chia tiene una capacidad de retención de 6.2 g de agua /g de fibra, además el contenido de humedad incrementa por causa del tamaño de partícula, ya que teóricamente a menor tamaño de partícula la facilidad de hidratación se aumenta, por la superficie de contacto que se tiene, debido a que en el pan molde se utilizó harina de chia y no el grano entero.

(Baños Espinoza, 2007), realizó investigación a panes con adición de fibra soluble, donde observo que a medida que se incrementaba la fibra soluble también ocurre lo mismo con la humedad de los panes ya que este tiene la capacidad de retener agua.

La chia comparado con otras fuentes de fibra como la linaza o salvado presenta mayor CRA (capacidad de retención de agua), lo que ocasiona que por su acción osmótica capte agua y forme coloides tipo gel imposibilitando su evaporación. (Ivana Capitani, 2013)

En la Figura (46), se observa que la chia es el que le confiere mayor contenido de humedad además si seguimos incorporando chia podemos sobrepasar el límite máximo de humedad 40 %.

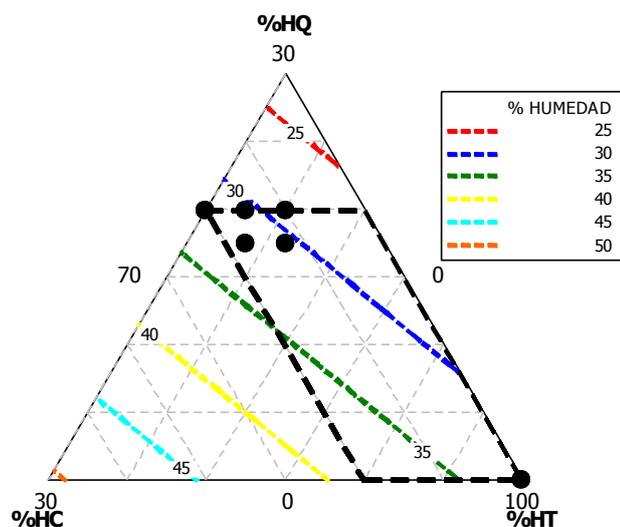


Figura 46: Superficie de respuesta para la % de humedad del pan.

3.2.4. Peso final del pan molde

En la tabla (24), se presenta los valores del peso final de las formulaciones del pan molde, en ella se aprecia que el T6 que contiene únicamente HT es la que pierde mayor peso.

Tabla 24:
Peso final del pan

Tratamiento	Formulación del pan			Peso inicial (g)	Peso final (g)		Pérdida de peso (g)	
	% HQ	% HC	% HT		$X \pm S$	$X \pm S$		
T1	20	5	75	800.0	702.0 ^b ± 3.6	98.0 ± 3.6		
T2	20	10	70	800.0	712.7 ^d ± 2.5	87.3 ± 2.5		
T3	17.5	6.25	76.25	800.0	708.0 ^{b,c,d} ± 3.6	92.0 ± 3.6		
T4	17.5	8.75	73.75	800.0	704.3 ^{b,c} ± 3.2	95.7 ± 3.2		
T5	20	7.5	72.5	800.0	710.0 ^{c,d} ± 2.0	90.0 ± 2.0		
T6	---	---	100	800.0	679.7 ^a ± 7.5	120.3 ± 7.5		

Donde X es la media, s es la desviación estándar
Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 31).

Es así que en el ANOVA (Anexo 31) indica que las formulaciones presentan diferencias significativas, $p\text{-value} < 0.05$, este hecho es apreciable en la Figura (47), donde el diagrama de medias lo intervalos no se superponen en su totalidad, salvo las formulaciones T3, T4 y T5, siendo completamente diferentes T1 y T6, este hecho es apreciable en la Tabla (24) donde el test Tukey evidencia este hecho.

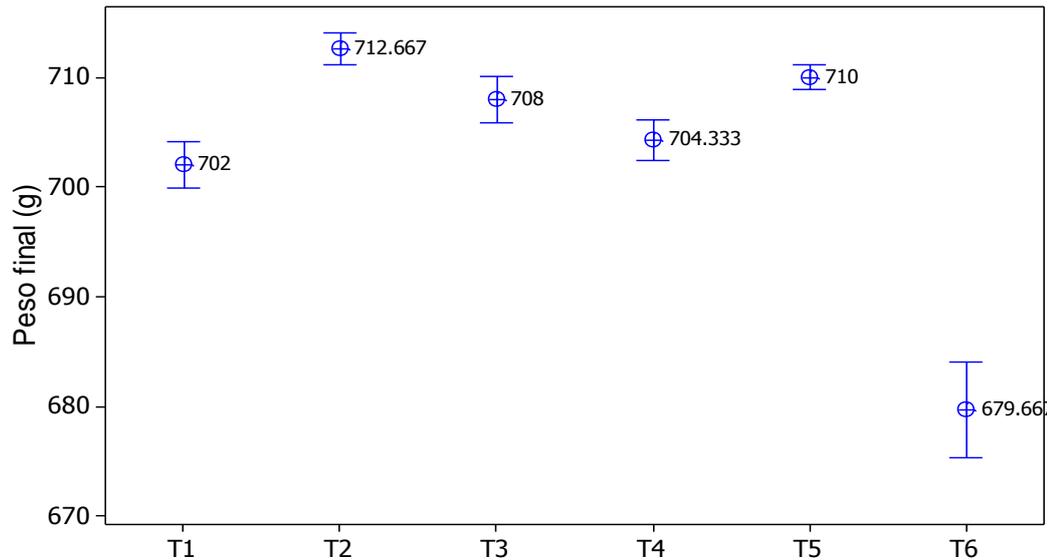


Figura 47: Diagrama de medias para la pérdida de peso del pan
Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 05)

En la Figura (48) se aprecia cuando aumenta la sustitución incrementa el peso de los panes existiendo menor pérdida de humedad en el proceso de horneado, es decir a medida que se incrementa la sustitución de HQ y HC el peso final del pan es mayor.

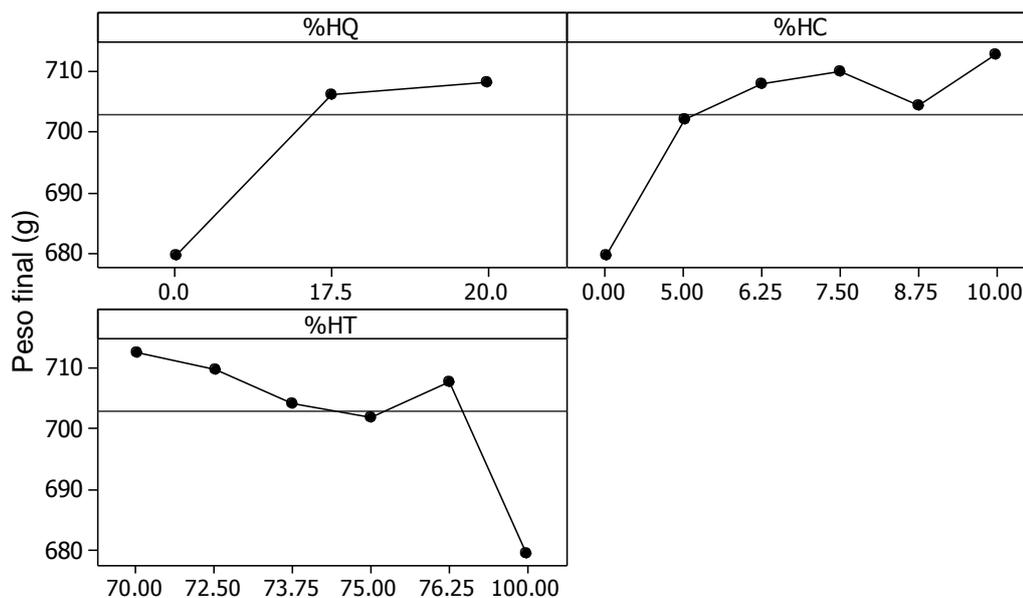


Figura 48: Diagrama de efectos sobre el peso final del pan

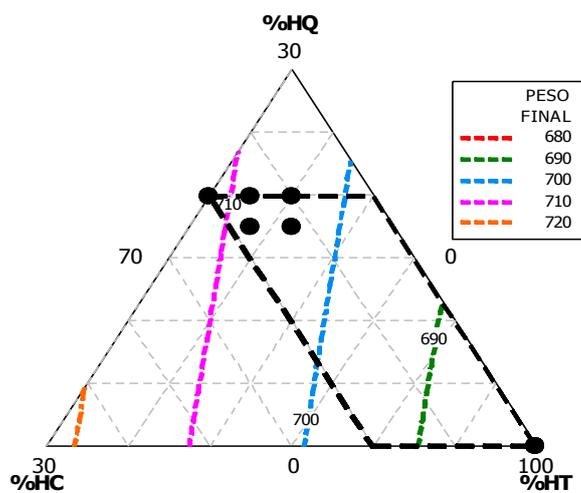


Figura 49: Superficie de respuesta para la pérdida de peso del pan

Por otra parte en la Figura (49), se aprecia que a medida que se incrementa la cantidad de HT, existe mayor pérdida de peso, lo que sugiere, que incrementar HQ y HC conllevará a incrementos significativos de peso.

El peso del pan se muestra en la Tabla (24), donde se observa que el T2 aumenta ligeramente el peso en comparación con el tratamiento testigo T6, esto se debe a que la fibra tiene la capacidad de retener agua (Baños Espinoza, 2007).

En cuanto a la pérdida de humedad de la masa antes del horneado y luego del horneado (enfriamiento por media hora) los valores se muestran en la Tabla (24), según (Bennion, 1970) la pérdida de humedad no debe exceder de 9 %, porque significaría que la masa se cocinó demasiado. La pérdida de peso de los panes de molde es debido a la evaporación de agua durante la cocción y enfriamiento del pan. La menor evaporación de agua se da en una masa más resistente que en una masa blanda (De la Cruz, 2009).

En el momento de realizar el pesaje de los panes después del horneado y posterior enfriamiento se evidencia un aumento en el peso final a medida que se incrementa el porcentaje de inclusión de la harina de HQ y harina de HC, esto se debe a que el porcentaje de humedad en la quinua es menor a la de la harina de trigo y el elevado contenido de humedad del trigo reduce la absorción de agua, en el momento de realizar el proceso de obtención del producto final de panificación, se debe a que la quinua absorbe mayor cantidad de agua. (García García, 2011).

Además la chia debido a que presenta contenido de fibra soluble tiene la capacidad de formar geles en contacto con el agua, esto imposibilita la evaporación de agua, la que encapsula formando coloides, además que la temperatura no interviene la formación de geles (Ivana Capitani, 2013), es por eso que aun después del horneado los panes con HQ y HC presentan mayor peso o menor pérdida de humedad en el procesos del horneado.

3.2.5. Estructura de la miga

La estructura de la miga se determinó a través del número de alveolos/ 7.5 cm² de pan molde, los resultados se muestran en la Tabla (25), encontrándose que la formulación 17.5 % de HQ y 8.75 % HC presenta mayor cantidad de alveolos, asimismo se puede observar que a medida

que se incrementa la sustitución de HQ y HC incrementa el número de alveolos, es decir la estructura de la miga se ve afectada. Debido a que presentan mayor contenido de alveolos pero de diferentes tamaños (no homogéneos).

Tabla 25:

Estructura de miga (número de alveolos/7.5 cm²) para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			Número de alveolos (%)
	% HQ	% HC	% HT	$\bar{X} \pm S$
T1	20	5	75	688 ^b ± 68
T2	20	10	70	850 ^c ± 53
T3	17.5	6.25	76.25	997 ^{d,e} ± 19
T4	17.5	8.75	73.75	1094 ^e ± 57
T5	20	7.5	72.5	905 ^{c,d} ± 78
T6	---	---	100	263 ^a ± 10

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 30).

En el ANOVA (Anexo 30), indica que los tratamientos muestran diferencia significativa, $p\text{-value} < 0.05$, esto evidencia que la sustitución de HQ y HC tiene efecto sobre el número de alveolos. En la Figura (50), se aprecia la existencia de la diferencia mínima significativa entre tratamientos, se observa que los tratamientos T2 y T5 presentan similar número de alveolos, en tanto que las otras son significativamente diferentes.

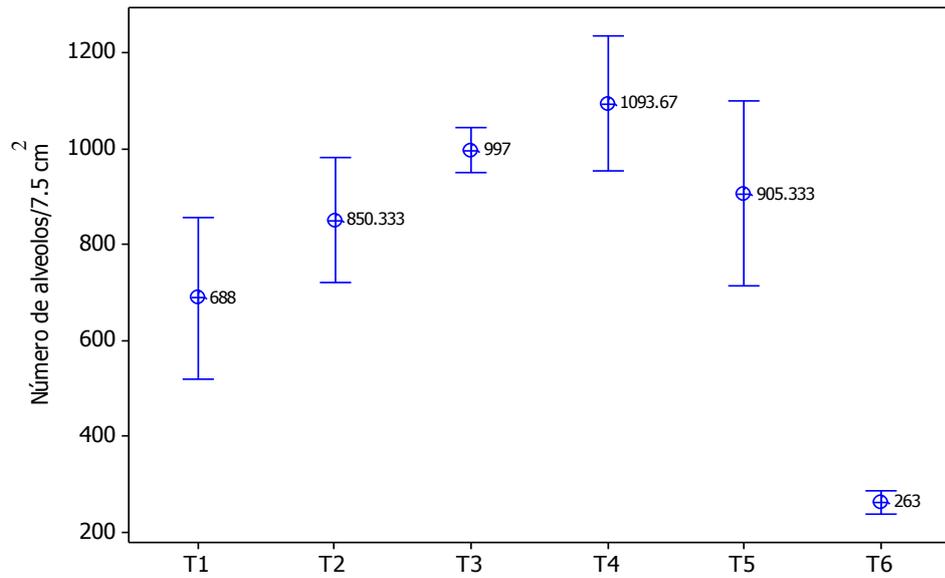


Figura 50: Diagrama de medias para la estructura del pan

Evaluadas a través del test Tukey, para $\alpha = 5\%$ (Anexo 05)

En la Figura (51), se puede observar que a medida que incrementa la sustitución con HQ y HC aumenta la cantidad de alveolos, lo contrario ocurre con la HT.

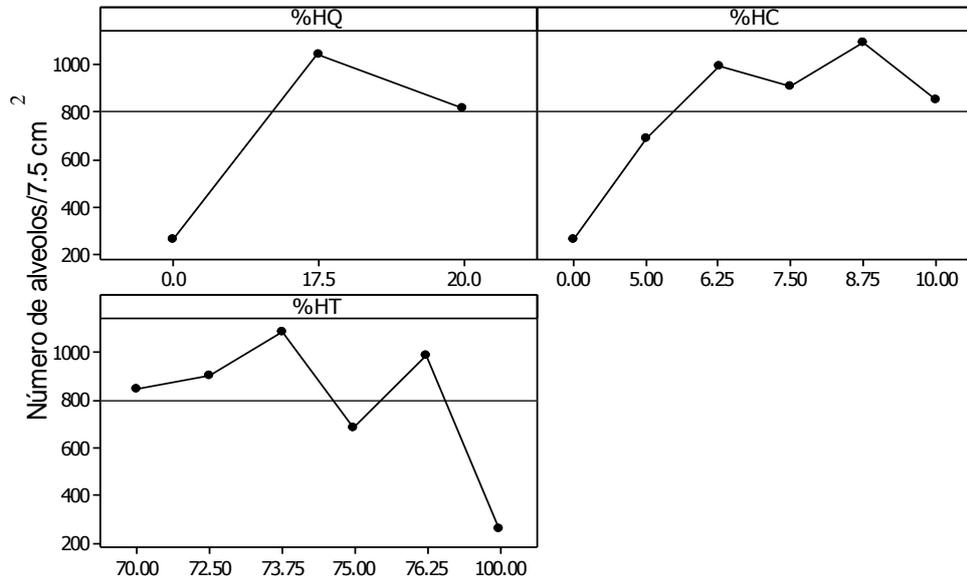


Figura 51: Diagrama de efectos para la estructura del pan

Según (Baños Espinoza, 2007), determinó la estructura de la miga de panes con fibra soluble, en donde observa que los panes presentan

alveolos con tamaños no homogéneos y en mayor cantidad, en comparación de pan comercial pero los panes comerciales tiene alveolos más abiertos y de tamaño homogéneo, cuando incrementa la adición de fibra soluble incrementa el contenido de alveolos.

Durante la fermentación se producen pequeñas burbujas de aire que retienen el CO_2 estas celdas, cuando se realizan sustituciones las celdas formadas no soportan la presión del CO_2 , debido a que existen disminución del gluten el cual es el encargado la elasticidad de la masa, dando como resultado el incremento de alveolos o celdas pero pequeñas cerradas ; como se mencionó la presión de los gases estallan las celdas creando nuevas celdas pero más cerradas o incluso llegando a fusionarse creando agujeros en el interior del pan, cuando las celdas no son homogéneas y pequeñas existe perdida del volumen del pan creando defectos en la pieza panaria (Tejero Aparicio, 1992).

Algunos conocimientos sobre la estructura que define la apariencia de la miga de pan nos permiten predecir mucho de los atributos de calidad del pan. A nivel macroscópico en la miga de pan se pueden distinguir dos fases, una gaseosa que es el aire, y una sólida que son las paredes de las celdas de aire. Al ver una muestra representativa de la miga de pan, se observa claramente que la fase sólida está totalmente conectada; y a simple vista las celdas de aire parecen aisladas, sin embargo en tres dimensiones una parte de las celdas de aire (y quizás más) están también conectadas. La fracción del volumen de las fases (sólida y gaseosa) determinan la estructura y, por consiguiente, las propiedades mecánicas del pan. El desarrollo del gluten por el proceso de mezclado es vital para la conformación de la estructura de la miga.(Steffolani , 2010).

(Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006) Considera que a mayores niveles de harina de quinua, la estructura de la miga varia significativamente. Una explicación es por la ausencia de gluten en la quinua lo cual le da una estructura con alveolos no homogéneos al pan de molde, debido a que las proteínas del gluten son consideradas responsables de la formación de la estructura que retiene el gas dióxido

de carbono de la masa de pan producido por las levaduras durante la panificación lo que induce el aumento de tamaño y/o volumen del pan (Dendy & Dobraszcyk, 2001).

En la Figura (52), se puede observar que a medida que incrementa el contenido de HT en la mezcla disminuye la cantidad de alveolos, mientras que cuando incrementa el contenido de HQ y HC en la mezcla la cantidad de alveolo aumenta

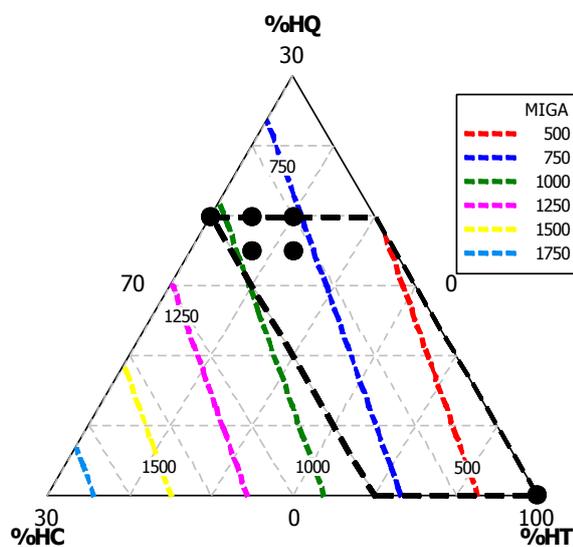


Figura 52: Superficie de respuesta para la pérdida de peso del pan

3.2.6. Evaluación física del color

El color de las formulaciones del pan se realizó a través del espectro CIE $L^* a^* b^*$. Se determinó el color para la corteza y la miga del pan.

El color de la corteza de los panes se muestra en la Tabla (26), el color es uno de los parámetros importantes para la característica sensorial. Los panes T1 y T2 resultaron más oscuros en comparación con el control T6, como lo demuestra la reducción gradual de los valores de luminosidad. En la coordenada a^* , que indica la variación de verde ($-a^*$) a rojo ($+a^*$) hubo una mayor tendencia a rojo debido a la presencia de chíá en la formulación, indicando que la presencia de pigmentación en esta materia

prima interfirió en el color de los panes. Acerca de la coordenada b^* , relacionado con el eje, que van desde el azul ($-b^*$) a amarillo ($+b^*$), se pudo observar que los panes con HQ y HC tienden al amarillo aunque el T1 en mayor proporción comparado con el resto de los tratamientos.

Tabla 26:

Color de la corteza (valores en L^* a^* b^*) para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan (%)			L^*			a^*			b^*		
	HQ	HC	HT	\bar{X}	\pm	S	\bar{X}	\pm	S	\bar{X}	\pm	S
T1	20	5	75	41.23 ^b	\pm	6.87	15.98 ^a	\pm	0.875	17.7 ^a	\pm	6.21
T2	20	10	70	42.39 ^b	\pm	4.35	15.77 ^a	\pm	0.854	17.41 ^a	\pm	5.19
T3	17.5	6.25	76.25	47.53 ^{a,b}	\pm	4.83	14.51 ^a	\pm	1.299	21.09 ^a	\pm	4.03
T4	17.5	8.75	73.75	45.55 ^b	\pm	3.74	15.5 ^a	\pm	0.594	19.04 ^a	\pm	3.42
T5	20	7.5	72.5	47.27 ^{a,b}	\pm	7.49	14.18 ^a	\pm	2.447	17.47 ^a	\pm	4.15
T6	---	---	100	58.9 ^a	\pm	12.81	12 ^a	\pm	5.21	24.79 ^a	\pm	4.49

Donde \bar{X} es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 32)

El color de la corteza de pan es un atributo importante a la hora de evaluar las preferencias del consumidor. En general, la corteza se caracteriza por tener baja humedad y un color oscuro. El color es producido principalmente a través de las reacciones de Maillard y de caramelización (De la Cruz, 2009).

Las reacciones de Maillard incluyen un grupo de reacciones bastante complejo en donde, en primera instancia, ocurre la condensación de los grupos amino libres, generalmente de los aminoácidos, con los grupos carbonilo de los azúcares reductores. Debido a que el agua es un producto de la reacción, ésta se ve favorecida por las condiciones de deshidratación durante el horneado. Luego de esta condensación, se llevan a cabo una serie de arreglos que conducen a la formación de los pigmentos oscuros. Los azúcares también pueden llevar al oscurecimiento en ausencia de aminoácidos, a través de las reacciones de caramelización. También se trata de un conjunto complejo de reacciones que dependen de la temperatura y ocurren en un rango de pH bastante acotado (Badui Dergal, 2006).

En la Tabla (27), se observa el análisis del ANOVA con $\alpha=0.05$, se observa que $p\text{-value}<0.05$ respecto a la luminosidad, donde podemos decir que los tratamientos presentan diferencia significativa al menos para un par de tratamientos; respecto a la coordenada a* el $p\text{-value}>0.05$ es decir no presentan diferencia significativa; respecto a la coordenada b* el $p\text{-value}>0.05$ también no presentan diferencia significativa.

De igual forma respecto al test tukey, respecto a la luminosidad podemos decir que T1=T2=T3=T4=T5 y T5=T6 así mismo respecto a las coordenadas a* y b* no presentan diferencia significativa, los valores para todos los tratamientos son iguales, como se puede apreciar en la Tabla (26), letras iguales o diferentes respectivamente para cada tratamiento. A un nivel de significancia de 5 %

Tabla 27:

Resumen de ANOVA para el color de la corteza del pan molde

Atributo	<i>p-value</i>	F_{cal}	F_{crit}
L*	0.00392184	4.41732242	2.53355455
a*	0.08471414*	0.00392184	2.53355455
b*	0.0668367*	2.33007636	2.53355455

*No existe diferencia significativa entre tratamientos, $\alpha = 5 \%$ (Anexo 32)

Los resultados del color de la miga de los panes molde se observan en la Tabla (28), donde podemos observar que respecto a la luminosidad los panes de molde presentaron colores más oscuro en comparación al tratamiento control T6, En la coordenada a*, que indica la variación de verde (-a*) a rojo (+a*) hubo una mayor tendencia a rojo aunque el T6 tubo tendencia a verde ya que resulto un valor negativo. Acerca de la coordenada b*, relacionado con el eje, que van desde el azul (-b*) a amarillo (+b*), se pudo observar que los panes con HQ y HC tienden al amarillo aunque el T2 en menor proporción comparado con el resto de los tratamientos.

Cabe aclarar que cuando incrementamos la sustitución con HQ y HC en los panes los colores van oscureciendo, o con tendencia a ser rojos y amarillos, esto debido a la reacción de maillard y de cameralización (Badui Dergal , 2006), y a que tanto la quinua y chia presentan pigmentos

naturales respecto a sus componentes (Sciarini, Pérez , Edel León , & Ribotta, 2012) como se puede observar también la chía es la que más influencia tiene respecto a la luminosidad, la chia presenta color negro debido a que contiene ácidos grasos y omega 3 estos le confieren una coloración oscura, (Ivana Capitani, 2013)

Tabla 28:
Color de la miga (valores en L* a* b*) para el pan molde

Tratamiento	Formulación del pan (%)			L*			a*			b*		
	HQ	HC	HT	X	±	S	X	±	S	X	±	S
T1	20	5	75	65.99 ^b	±	1.336	1.548 ^c	±	0.137	15.05 ^a	±	0.37
T2	20	10	70	62.5 ^b	±	1.004	2.15 ^a	±	0.063	13.99 ^b	±	0.369
T3	17.5	6.25	76.25	53.3 ^c	±	6.36	1.735 ^{b,c}	±	0.203	14.7 ^{a,b}	±	0.419
T4	17.5	8.75	73.75	64.92 ^b	±	1.993	2.037 ^{a,b}	±	0.23	14.25 ^{a,b}	±	0.389
T5	20	7.5	72.5	63.57 ^b	±	0.911	2.013 ^{a,b}	±	0.132	14.43 ^{a,b}	±	0.226
T6	---	---	100	77.42 ^a	±	9.58	-0.46 ^d	±	0.282	14.25 ^{a,b}	±	1.161

Donde X es la media, s es la desviación estándar

Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, test Tukey al 5 % (Anexo 33)

En la Tabla (29), se puede observar el ANOVA con $\alpha = 0.05$ para el color de la miga de los panes molde, en donde podemos observar que para la luminosidad, a* y b* el $p\text{-value} < 0.05$, donde podemos decir que los tratamientos presentan diferencia significativa al menos para un par de tratamientos, los tres atributos evaluados presentan diferencia entre tratamientos.

Cuando realizamos la prueba tukey respecto al color de la miga podemos decir, respecto a la luminosidad que T1=T2=T4=T5, T6 y T3 son diferentes, respecto al valor para a* T1=T3, T2=T4=T5 y T3=T4=T5, respecto al valor de b* T1=T3=T4=T5=T6 y T2=T3=T4=T6, como se puede apreciar en la Tabla (28) se evidencia la diferencia o igualdad de los tratamientos (letras iguales o diferentes) respectivamente a cada tratamiento, esto a un nivel de confianza de 5 %.

Tabla 29:

ANOVA para el color de la miga del pan molde

Atributo	<i>p-value</i>	<i>F_{cal}</i>	<i>F_{crit}</i>
L*	1.5693E-07	15.4486804	2.53355455
a*	7.357E-21	164.509578	2.53355455
b*	0.04570948	2.59674819	2.53355455

Al $\alpha = 5 \%$ (Anexo 33)

El color de la corteza de los panes no mostró grandes diferencias a pesar de las diferencias originales en el color del tratamiento control. En cambio los colores de la miga del pan si mostro diferencias significativas en los tiramientos, esto debido a que la corteza de los panes en el horneado obtuvieron coloración por la reacción de maillard y caramelización (pigmentos oscuros), para todos los tratamientos incluido el tratamiento control por lo que no noto mucha diferencia respecto al color de la corteza, en cambio respecto al color de la miga si se observó diferencias estas debido a la adición de HQ y HC, debido a que la chíá presenta color oscuro (Ivana Capitani, 2013) y la quinua también amarillo gracias a los pigmentos naturales que estos tiene en su composición (De la Cruz, 2009).

El color de las formulaciones del pan se realizó a través del espectro CIElab o L* a* b*. Así para determinar el índice de color (IC*) se aplicó la relación:

$$IC^* = a^* \times 1000 / (L^* \times b^*) \dots \dots \dots Ec. (13)$$

Fuente: (De la Cruz, 2009)

Asimismo se calculó la diferencia de color tomando como referencia a la formulación o tratamiento T6 debido a que este presenta 100 % de HT, para ello se utilizó la siguiente relación:

$$DE^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \dots \dots \dots Ec. (14)$$

Fuente: (De la Cruz, 2009)

Los resultados se muestran en las Tablas (30) y (31) para el color de la corteza y miga respectivamente.

Tabla 30:
Índice de color para la corteza del pan molde

TRATAMIENTO	Formulación del pan			Índice de color (IC*)			Diferencia de color (DE)*		
	% HQ	% HC	% HT	<i>x</i>	±	S	<i>x</i>	±	S
T1	20	5	75	25.64	±	12	20	±	7.54
T2	20	10	70	23.57	±	8	19	±	5.48
T3	17.5	6.25	76.3	15.64	±	5.9	12	±	5.82
T4	17.5	8.75	73.8	18.83	±	5.7	15	±	4.52
T5	20	7.5	72.5	19.28	±	8.5	15	±	7.63
T6	---	---	100	10.5	±	8.5			

Donde *X* es la media, *s* es la desviación estándar

*Referidos al tratamiento T6

Tabla 31:
Índice de color para la miga del pan molde

TRATAMIENTO	Formulación del pan			Índice de color (IC*)			Diferencia de color (DE)*		
	% HQ	% HC	% HT	<i>x</i>	±	S	<i>x</i>	±	S
T1	20	5	75	1.559	±	0.1	12	±	1.35
T2	20	10	70	2.461	±	0.1	15	±	0.99
T3	17.5	6.25	76.3	2.256	±	0.5	24	±	6.34
T4	17.5	8.75	73.8	2.208	±	0.3	13	±	1.91
T5	20	7.5	72.5	2.197	±	0.2	14	±	0.92
T6	---	---	100	-0.42	±	0.3			

Donde *X* es la media, *s* es la desviación estándar

*Referidos al tratamiento T6

Se tomó en cuenta las siguientes condiciones referidas al IC:

- Si IC* es negativo (-40 a -20), su valor relaciona los colores que van desde el azul-violeta al verde profundo.
- Si IC* es negativo (-20 a -2), su valor relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento.
- Si IC* está entre (-2 a +2), representa el amarillo verdoso.

- Si IC^* es positivo (+2 a +20), se relaciona con los colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso.
- Si IC^* es positivo (+20 a +40), se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo.

Así el IC^* de la formulación o tratamiento T6 fue de 10.5 ± 8.5 para la corteza, este valor se encuentra dentro del intervalo de colores que van de amarillo pálido al naranja intenso, por otra parte los tratamientos T1 y T2 presentan coloraciones más profundas, ya que sus valores están por encima del 20, mientras que para la miga fue de -0.42 ± 0.3 que corresponde al intervalo al índice amarillo verdoso.

En las Figuras (53) y (54), se aprecia que a medida que se incrementa la proporción de HQ y HC aumenta el IC^* , por el contrario con el incremento de HT disminuye el IC^* .

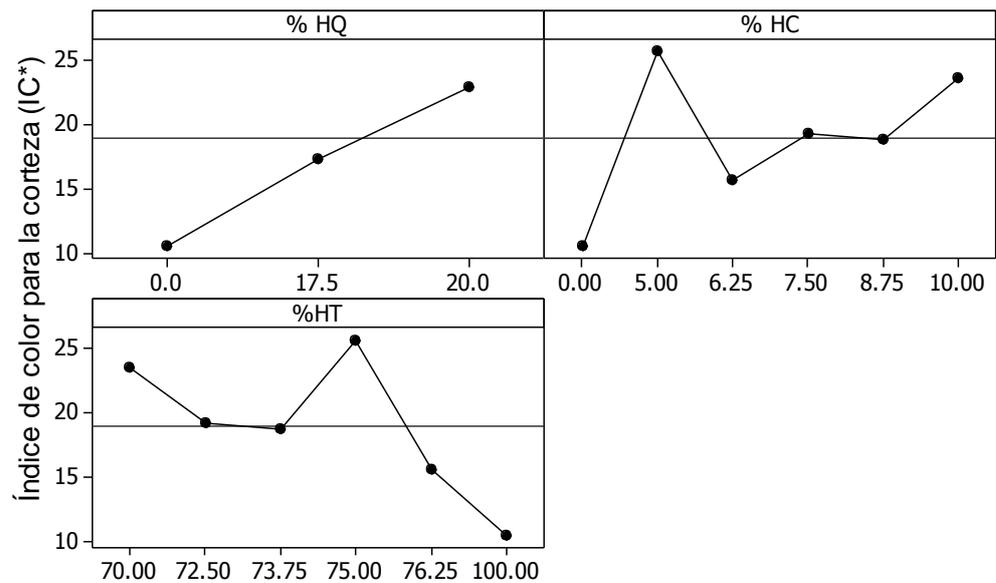


Figura 53: Diagrama de efectos para el IC^* de la corteza del pan

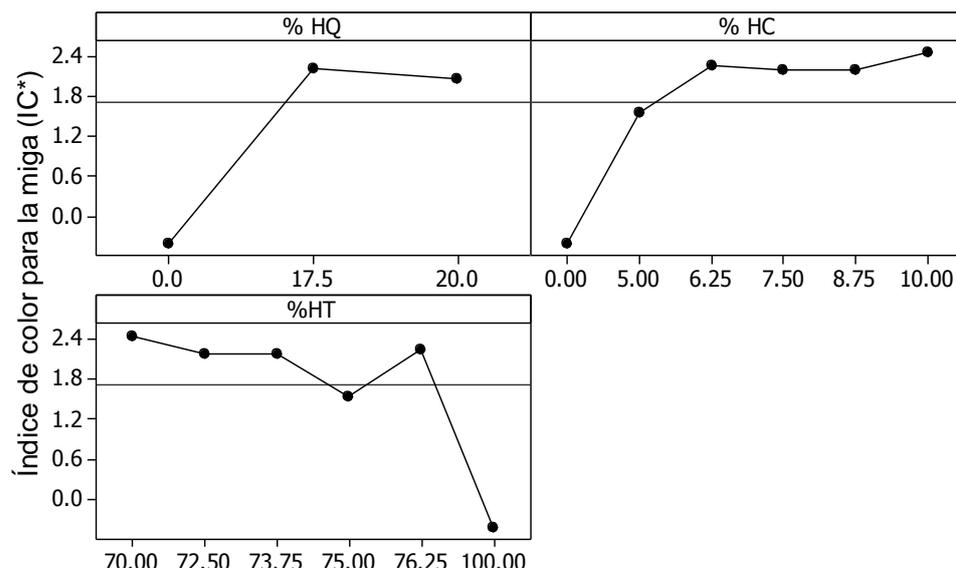


Figura 54: Diagrama de efectos para el IC* de la miga del pan

3.3. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

El sabor, la textura y el color son las cualidades generales salientes de los productos del cereal. El producto fallará ciertamente en el mercado si una de estas cualidades generales no resuelve las expectativas de consumidores. Sin embargo, cada producto tiene su perfil sensorial característico con cualidades especificadas. El ingrediente, líquido (agua), levadura, sal, edulcorantes, grasa, emulsionantes, huevos, leche en polvo, y especias utilizadas en la hornada tienen su propio efecto en las características sensoriales del producto final.

Además de las materias primas, el proceso de granos cambia considerablemente los compuestos y el sabor percibido. El proceso debe proporcionar a los productos que tengan una forma conveniente y buenas características sensoriales (De la Cruz, 2009). Los resultados se muestran en la Tabla (32), en ella se aprecia que la puntuación promedio obtenida por la calificación de los panelistas, oscila entre apreciaciones de “indiferente” a “agradable” respecto al sabor, pastoso harinoso respecto a la gomosidad, opaco a indiferente respecto al color, duro a firme respecto a la dureza, este hecho es apreciable también en el diagrama radial Figura (55). En todos los casos la cualidad dureza recibe la menor puntuación así como la gomosidad.

Tabla 32:

Evaluación organoléptica del pan tipo molde

Tratamiento	Formulación del pan			Color			Olor			Sabor			Dureza			Gomosidad			Apariencia		
	% HQ	% HC	% HT	<i>x</i>	±	S	<i>x</i>	±	S												
T1	20	5	75	2.7	±	1.1	3.4 ^a	±	1.1	3.3	±	0.7	2.5 ^a	±	0.8	2.9 ^a	±	1.2	3.4	±	0.7
T2	20	10	70	2.3	±	0.9	3.6 ^a	±	1.1	3.2	±	0.8	2.5 ^a	±	0.6	2.3	±	1.2	2.9	±	1.0
T3	17.5	6.25	76.25	2.5	±	1.0	3.4 ^a	±	1.2	3.6	±	0.8	2.7 ^a	±	0.9	2.5	±	0.9	3.4	±	0.5
T4	17.5	8.75	73.75	2.2	±	1.1	3.6 ^a	±	1.1	3.6	±	0.8	2.4 ^a	±	0.8	2.1	±	0.9	3.0	±	1.2
T5	20	7.5	72.5	2.2	±	1.5	3.7 ^a	±	1.0	3.2	±	1.0	3.0 ^a	±	0.9	2.2	±	1.2	2.9	±	0.9
T6	---	---	100	3.5 ^a	±	0.9	3.1 ^a	±	1.3	4.1 ^a	±	0.7	2.7 ^a	±	0.9	3.0 ^a	±	1.0	4.6 ^a	±	0.3
Control	---	---	---	3.8 ^a	±	1.0	3.3 ^a	±	1.2	4.3 ^a	±	0.7	2.5 ^a	±	0.9	3.3 ^a	±	1.1	---	---	---

Donde *X* es la media, *s* es la desviación estándar, se utilizó la prueba de comparación de rango múltiple de Dunnet y se tomó como control a un pan comercial, para la apariencia general el tratamiento control fue el T6, $\alpha = 5\%$ (Anexos 34, 35, 36, 37, 38 y 39)

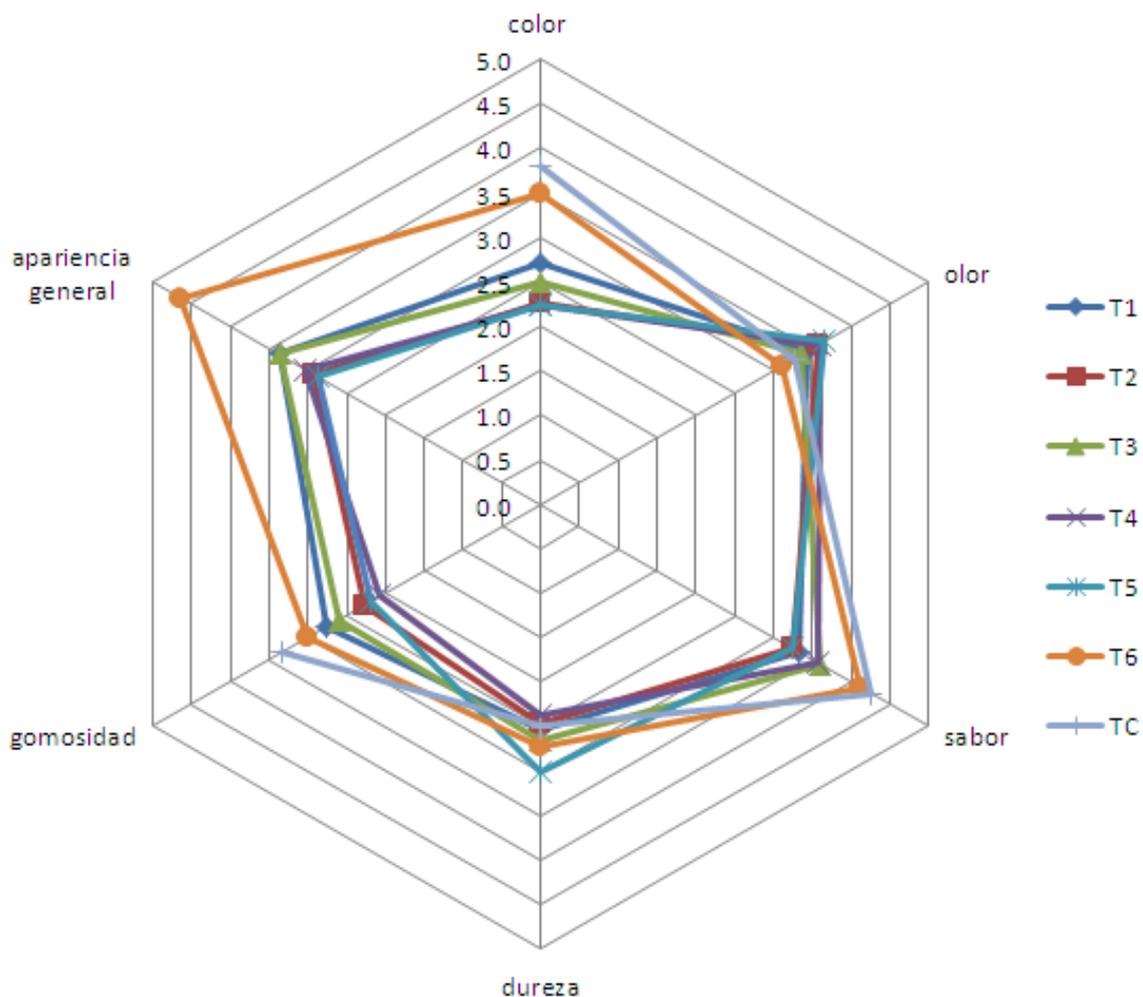


Figura 55: Diagrama radial para la evaluación organoléptica

En la Figura (55), se observa que todos los tratamientos respecto al olor y dureza oscilan entre los valores entre 3 y 4 por lo que no muestran diferencias respecto a los atributos en mención. Respecto a los atributos de sabor, color, apariencia general y gomosidad si existió diferencia debido a que los valores oscilan entre 2 a 6, por lo que los resultados de los atributos son muy dispersos entre tratamientos.

La aplicación del ANOVA para los atributos, se muestra en la Tabla (32), en ella se aprecia que el atributo Olor y Dureza de los panes no muestran diferencia significativa, $p\text{-value} > 0.05$; es decir los panelistas no encontraron diferencias apreciables en estos aspectos, mientras que los otros atributos como el Color,

Sabor, Gomosidad y Apariencia, presentan diferencias significativas, $p\text{-value} < 0.05$.

Tabla 33:
ANOVA para los atributos sensoriales

Atributo	$p\text{-value}$	F_{cal}	F_{crit}
Color	2E-10	10.71	2.14
Olor	0.451*	0.96	2.14
Sabor	4E-08	8.37	2.14
Dureza	0.075*	1.95	2.14
Gomosidad	2E-05	2E-05	2.14
Apariencia	2E-13	16.63	2.27

*No existe diferencia significativa entre tratamientos, $\alpha = 5 \%$

Asimismo se aplicó una prueba Dunnett contra testigo (control) el cual es un pan comercial elaborado únicamente con harina de trigo, los resultados se presentan en la Tabla (34), en ella se aprecia que en el caso del Color, el tratamiento T6 es el que presenta similar color al pan comercial (control), es decir $p\text{-value} > 0.05$.

Por otra parte para el Olor y dureza del pan comercial no presenta diferencias significativas, $p\text{-value} > 0.05$, es decir cualquier sustitución de harina de Chia y quinua en la formulación del pan, no afecta significativa el olor y dureza, en comparación con el pan comercial.

Por otra parte en el atributo Sabor, los tratamientos T1 a T5 muestran diferencia significativas con el control, $p\text{-value} < 0.05$, es decir son diferentes, aunque los tratamientos T3 (17.5 % HQ, 6.25 % HC y 76.25 % HT) y T4 (17.5 % HQ, 8.75 % HC y 73.75 % HT) logran apreciaciones equivalente de "Agradable" al igual que el control.

En cuanto a la gomosidad el tratamiento T1 y T6 presenta diferencia significativa con tratamiento control, $p\text{-value} < 0.05$.

Tabla 34:**Prueba contra testigo Dunnett para los atributos del pan molde en las formulaciones**

TRATAMIENTO	<i>p-value</i>				
	COLOR	OLOR	SABOR	DUREZA	GOMOSIDAD
T1	0.0006	0.9833	0.0001	1.0000	0.1778
T2	0.0000	0.7997	0.0000	1.0000	0.0009
T3	0.0000	0.9989	0.0076	0.9325	0.0429
T4	0.0000	0.7213	0.0045	0.9755	0.0001
T5	0.0000	0.5531	0.0000	0.0943	0.0004
T6	0.7722*	0.9833	0.9704	0.7638	0.6826

Dunnett respecto al pan control, $\alpha = 5\%$

En cuanto a la dureza y olor en los panes los panelistas no detectan la diferencia entre tratamientos, aunque ocurrieron cambios estos debido a que las mezclas tenían deficiencia de gluten producto del enriquecimiento de HQ y HC, y ocurrieron cambios en la dureza y olor estos no fueron significativos la realizar la evaluación sensorial. (Tejero Aparicio, 1992).

Así mismo también respecto al sabor, se ve afectado por que la chia presenta grasa en un 40 % y esos tienden a enranciamiento o sufren oxidación cuando entran en contacto con el oxígeno y generan sabores desagradables (Badui Dergal , 2006), de igual forma la presencia de la quinua presenta el sabor característico al cereal (De la Cruz, 2009) debido a que está presente en 20 %.

Para el consumidor, las cualidades dominantes del pan son sabor y textura. La degradación del gusto del pan se relaciona con las técnicas de fabricación modernas y la velocidad de la producción en grande del pan (Wirtz, 2003). Aparte de los componentes principales de la harina, el azúcar, la levadura, la sal, y otros ingredientes del pan influyen en el sabor muy poco. La mayor parte del sabor se convierte de estas materias primas durante la pasta que se procesa y que cuece al horno. El sabor del pan se forma en el proceso con la oxidación y reacciones enzimáticas y termales. Los compuestos volátiles se evaporan en reacciones oxidativas. Las enzimas producen precursores del sabor en la pasta

procesada y en el primero tiempo de la horneada. Los compuestos aromáticos más importantes del pan se forman durante la horneada, cuando las reacciones del calor, por ejemplo la reacción del Maillard y la caramelización, ocurren. Las reacciones enzimáticas y posibles fermentaciones influyen el sabor de la miga de pan, considerando que las reacciones del calor afectan al sabor de la corteza del pan. Consecuentemente, la corteza y la miga del pan tienen diversas características de sabor (Kirchhoff & Schieberle, 2001).

3.3.1. Determinación de la mejor mezcla por puntuación:

Para poder determinar la mejor muestra se considera el método por puntos, debido a que la suma de la calificación más alta respecto a los atributos del pan es 30 puntos, se considera el tratamiento que obtenga la mayor puntuación y se acerque al puntaje más elevado, dicho tratamiento será el que tenga mayor aceptación respecto a los consumidores (panelistas) (García García, 2011).

Tabla 35:
Puntuación respecto a los atributos sensoriales

ATRIBUTO	Puntuación máxima	T1	T2	T3	T4	T5	T6
COLOR	5	2.7	2.3	2.5	2.2	2.2	3.5
OLOR	5	3.4	3.6	3.4	3.6	3.7	3.1
SABOR	5	3.3	3.2	3.6	3.6	3.2	4.1
DUREZA	5	2.5	2.5	2.7	2.4	3.0	2.7
GOMOSIDAD	5	2.9	2.3	2.5	2.1	2.2	3.0
APARIENCIA GENERAL	5	3.4	2.9	3.4	3.0	2.9	4.6
TOTAL	30	18.2	16.8	18.1	16.9	17.2	21

El tratamiento que presenta mayor puntuación es el T1 debido a que presenta mejor calificación por los panelistas en cuanto a los atributos evaluados. Y es el más próximo a la puntuación máxima 30 puntos, por lo tanto aunque que no sea el que presente mayor contenido proteico es que tiene mayor aceptación.

3.4. EVALUACIÓN DEL ESCORE QUÍMICO (CQ) Y PDCAAS (AMINOÁCIDO CORREGIDO POR DIGESTIBILIDAD PROTÉICA)

Se efectuó el cálculo teórico de la calidad proteica de un testigo y distintas mezclas de harinas para panes molde con HQ y HC por el método de escore químico (CQ), previa corrección por digestibilidad (PDCAAS).

Teniendo en cuenta que el pan es uno de los alimentos básicos de la alimentación cuyo ingrediente principal es la harina de trigo, la misma que es deficiente en lisina (FAO, 1985). Además que el escore químico es el porcentaje de presencia del aminoácido limitante que se encuentra en menor proporción con respecto al mismo aminoácido en una proteína de referencia. Se pretende superar la deficiencia aminoacídica con el enriquecimiento del pan con HQ y HC ya que estos contienen alto contenido de proteína y lisina.

En la Tabla (36), se aprecia el contenido de lisina y metionina+cisteína, se aprecia que la lisina ha duplicado aproximadamente su contenido, este hecho se debe sobre todo a la quinua cuyo contenido de este aminoácido es alto, por otra parte el contenido de metionina+cisteína, se ha modificado ligeramente.

Tabla 36:
Escore aminoacídico del pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			Lisina	Metionina + Cisteína
	% HQ	% HC	% HT		
T1	20	5	75	0.6455	0.7091
T2	20	10	70	0.6659	0.7139
T3	17.5	6.25	76.25	0.6259	0.7034
T4	17.5	8.75	73.75	0.6366	0.7060
T5	20	7.5	72.5	0.6559	0.7115
T6	---	---	100	0.3960	0.6410

La proteína más abundante de la harina de trigo es el gluten, que le confiere la elasticidad típica, con un contenido medio del 12-13 %, por lo que se puede considerar una fuente adecuada de proteína, aunque esta sea deficiente en

lisina (Gil, 2010). El importante valor de la quinua como planta alimenticia radica en que el grano, las hojas y las inflorescencias son fuentes de proteínas de buena calidad (Ayala , Ortega, & Morón , 2001). La importancia de las proteínas de las especies andinas de quinua se basa en su calidad. El grano es rico en los aminoácidos lisina y azufrados, lo que le da ventaja con respecto a otros granos. Las proteínas de la quinua radican principalmente en la albúmina y la globulina que tienen una composición balanceada de aminoácidos similar a la composición de la caseína que es la proteína de la leche (Repro Carrasco, Espinoza, & Jacobsen, 2003).

En el trigo presenta deficiencia en lisina y esta deficiencia en lisina y otros aminoácidos azufrados hacen que se tiene que complementar con otro cereal que tenga un contenido superior, para el estudio se tomó la lisina como un aumento de calidad proteica en el pan de molde con harina de quinua y chia. (De la Cruz, 2009), Encontró en los panes enriquecidos con HQ y suero contenido de lisina en un 50.90 %. Cuando evaluamos a los panes con HQ y HC encontramos valores superiores hasta en un 66.59 % (T2).

El puntaje o score químico compara la cantidad de cada aminoácido esencial presente en la proteína en estudio con la cantidad del mismo aminoácido presente en la proteína de referencia. La proteína de referencia según la FAO/OMS. Para evaluar las proteínas de los alimentos se considera la etapa pre-escolar, se toma como referencia la composición de aminoácidos esenciales de la leche humana; para evaluar el resto de alimentos se recomienda el establecido por la FAO/OMS.

En la Figura (56), se aprecia que tanto el incremento de sustitución de quinua y chia incrementa el contenido de lisina, siendo la chia la que origina mayores incrementos, lo contrario sucede con el incremento de harina de trigo en el pan

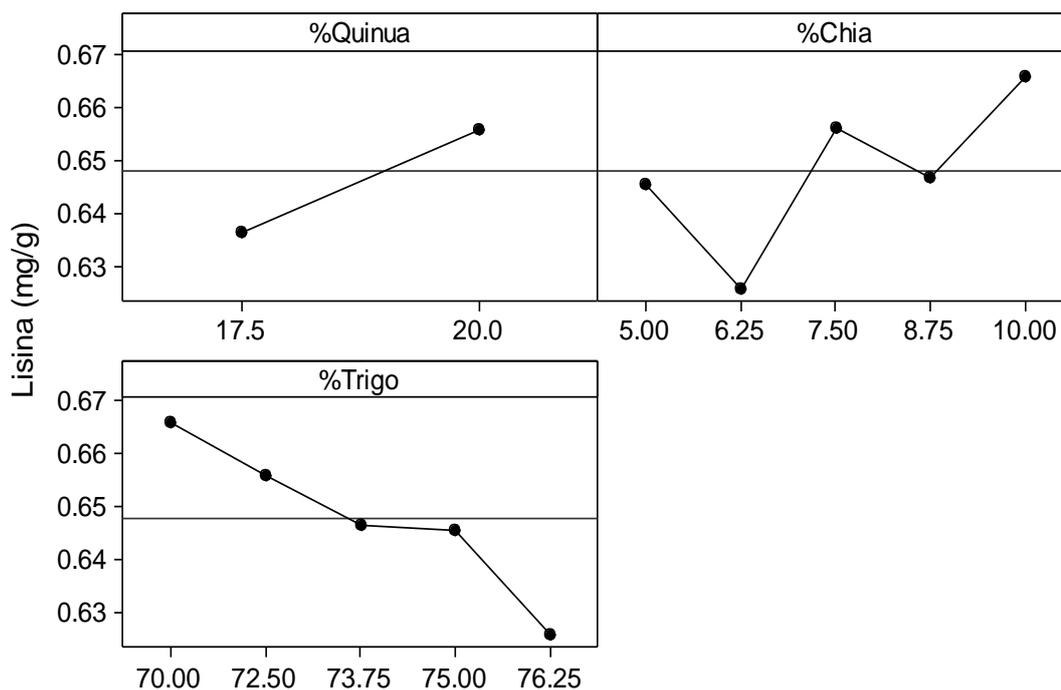


Figura 56: Diagrama de efectos sobre el contenido de lisina en el pan

Como podemos observar en la Figura (56), se observa que a medida que se incrementa la sustitución con HQ y HC incrementa el contenido de lisina en los panes, además se dice que mejora el valor biológico del pan con HQ y HC. El valor biológico de una proteína depende fundamentalmente de su composición en aminoácidos indispensables. Conocida ésta es posible predecir, dentro de ciertas limitaciones, su comportamiento en el organismo; para ello solo es necesario contar con un adecuado patrón de comparación. El problema fundamental para seleccionar un patrón reside en el hecho de que el valor biológico de una proteína no es constante, sino que depende de una serie de variables entre las que se encuentran la especie, edad, estado fisiológico y digestibilidad este último es el más importante. (Guillerian, 2011).

En la Figura (57) se observa que a medida que incrementa la incorporación de HQ y HC a la mezcla aumenta el valor del score químico, mientras cuando se incrementa HT disminuye los valores de score químico.

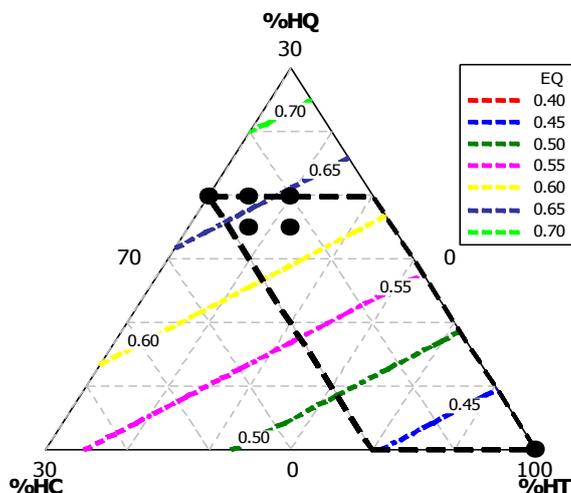


Figura 57: superficie de respuesta para el escore químico

Se evaluó los PDCAAS de las diferentes formulaciones del pan molde, considerando el porcentaje de digestibilidad de cada harina presente en la formulación, cuyos valores se muestran en la Tabla (37), de ella se desprende que la harina de trigo es la que presenta mejor digestibilidad, seguido de la quinua y finalmente la chia. La digestibilidad de los cereales dependen mucho del contenido de fibra, cuanto mayor es el contenido de fibra disminuye la digestibilidad, además el trigo es refinado es a ello que se debe su alta digestibilidad ya que la mayor cantidad de fibra se encuentra en el salvado y fue retirado, por esos se denomina trigo refinado (Badui Dergal , 2006).

Se considera digestibilidad alta a valores ≥ 95 % y digestibilidad baja a valores ≤ 85 %. (Guillerian, 2011), según el autor la digestibilidad del trigo refinado es alta.

Tabla 37:

Digestibilidad de los cereales usados en la formulación del pan molde

	Quinua	Chia	Trigo refinado
% Digestibilidad	82.0	78.9	96.0

Fuete: trigo refinado y quinua FAO/OMS, chia (Sandoval, 2012)

Así en la Tabla (38), se presentan el PDCAAS (aminoácido corregido por digestibilidad proteica), en función del contenido del aminoácido Lisina, es así que la digestibilidad de aminoácidos se duplica aproximadamente en las formulaciones en comparación con la formulación de pan al 100 % de harina de trigo.

Tabla 38:
PDCAAS para la formulación del pan molde

Tratamiento	Formulación del pan			Lisina	Digestibilidad de mezcla	PSCAAS
	% HQ	% HC	% HT			
T1	20	5	75	0.6455	0.9235	0.5961
T2	20	10	70	0.6659	0.9149	0.6092
T3	17.5	6.25	76.25	0.6259	0.9248	0.5788
T4	17.5	8.75	73.75	0.6366	0.9205	0.5860
T5	20	7.5	72.5	0.6559	0.9192	0.6029
T6	---	---	100	0.3960	0.9600	0.3802

Por otra parte en la Figura (58), se aprecia que el incremento de HQ y HC incrementa el PDCAAS de las proteínas, siendo que el porcentaje de HT, lo disminuye.

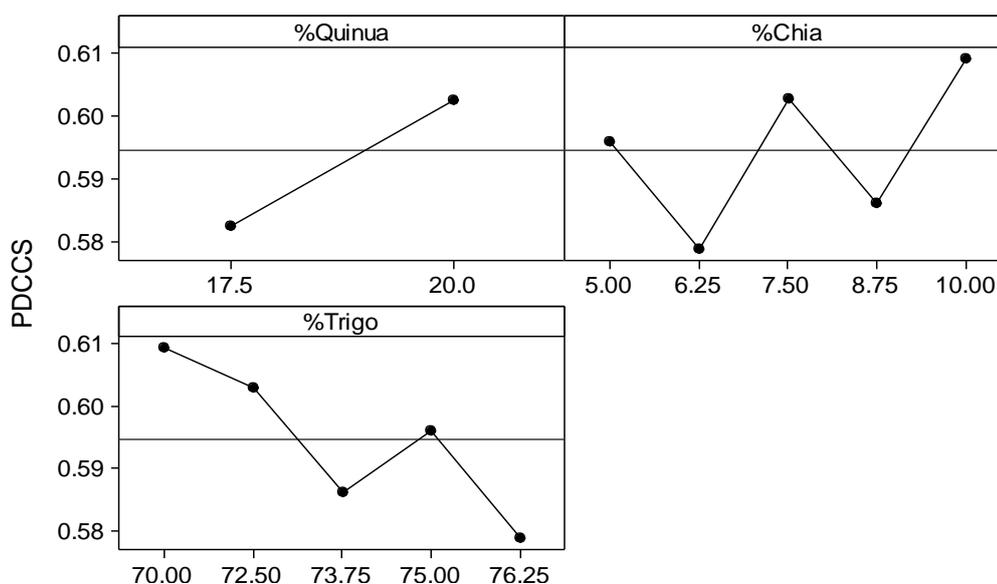


Figura 58: Diagrama de efectos sobre el PDCAAS

En la Figura (58) se muestra que a medida que se incrementa la sustitución con HQ y HC incrementa el PDCAAS, El PDCAAS se calcula multiplicando el valor correspondiente al score por el valor correspondiente a la digestibilidad. El PDCAAS en varios alimentos, resulta de utilidad para precisar el cálculo de la dosis inocua de proteínas dietéticas en situaciones biológicas especiales como embarazo, lactancia, preescolares, vegetarianos, y para la realización de mezclas de proteínas en las que se busque aumentar la calidad de alguna de las mismas, además según la FAO/OMS el PDCAAS para que un alimento de buena calidad proteica debe ser superior a 0.5 (Guillerian, 2011)

El PDCAAS de los panes enriquecidos con HQ y HC, presentan valores superiores a 0.5 (FAO/OMS), lo cual se puede decir que presentan buena calidad nutricional respecto a las proteínas comparado con el tratamiento control (T6) cuyo valor de PDCAAS es 0.38 inferior a los panes enriquecidos.

Además lo que ocurre con las proteínas en el horneado según (De la Cruz, 2009) es que estas sufren desnaturalización, estas puede ser deseable cuando se habla de elevar la digestibilidad de las proteínas por cocción o por la desnaturalización de inhibidores de tripsina, saponinas etc.

Lo que se supone que ocurre con la quinua y chia en horneado incremental la digestividad. También sirve para mejorar funcionalidad, como cuando se aumentan sus propiedades de espumado y emulsificación por el desdoblamiento de las moléculas que favorece la estabilización en interfases al lograr la exposición de sitios hidrofóbicos que interaccionan con la fase orgánica o hidrofóbica de una emulsión. (Badui Dergal , 2006)

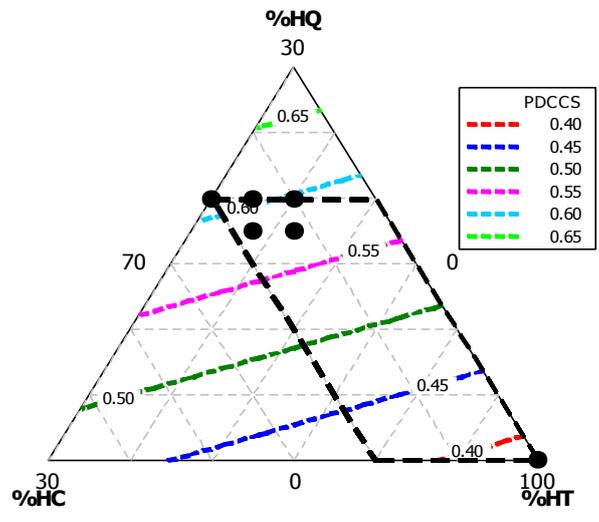


Figura 59: superficie de respuesta para el escore químico

IV. CONCLUSIONES

- El incremento de la sustitución de HQ y HC incrementa significativamente el porcentaje de proteína, lípidos, cenizas, fibra y acidez aunque disminuyen el porcentaje de carbohidratos y pH, asimismo el aumento de HT ocasiona una reacción inversa.
- El contenido de proteína del pan tipo molde se ve incrementado hasta 5.97 % a medida que aumenta la sustitución de HQ y HC, logrando así mejorar la composición nutricional en el contenido proteico en un producto de consumo masivo, utilizando alimentos naturales y benéficos como lo es la quinua y chia.
- En referencia a las propiedades físicas, se concluye que la sustitución de HQ y HC en el pan tipo molde presentan un efecto significativo en el volumen del pan disminuyéndolo, asimismo la textura del pan evaluado como elasticidad disminuye con el incremento de HQ y HC, mientras que incrementos de HQ y HC en el pan molde disminuye la humedad del pan, por otra parte la estructura de la miga del pan como la cantidad de alveolos en la miga se incrementa cuando se aumenta la sustitución de HQ y HC.
- Debido a que la quinua y chia no poseen gluten, a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de HQ y HC, esta presenta un comportamiento inelástico, no extensible y tenaz reflejándose en la apariencia final del producto, comparado con un patrón de trigo. afectando el volumen y la textura del mismo.
- Se vieron reflejados cambios en varios aspectos como: pérdida de volumen en un 202.7 ml a mayor inclusión de HQ y HC, aumento en el grosor de la corteza, aumento de color oscuro entre las mezclas (reacción de Maillard y caramelización), disminución del esponjado de la masa, aumento de olor y sabor característico de la quinua y chia, además debido a que la quinua y chia carecen de gluten, en la masa se podía reflejar la elasticidad que a su vez se vio reflejado en el producto final.

- Las características sensoriales del pan molde como el color, sabor, gomosidad y apariencia general presentaban diferencia significativa, mientras que el olor y dureza no presentaban diferencia significativa de acuerdo a la calificación realizada por panelistas no entrenados. Así mismo cuando realizamos las pruebas de rangos múltiples de Dunnett se concluye que respecto al sabor y color el T6 no presenta diferencia significativa respecto al tratamiento control, respecto a la gomosidad el T6 y el T1 no presenta diferencia respecto al tratamiento control, mientras que respecto a la dureza y olor todos los tratamientos son iguales y respecto a la apariencia general todos los panes difieren del tratamiento control.
- La evaluación del escore químico indica que el incremento de harina de chia y quinua incrementan el contenido de aminoácidos especialmente la lisina la cual se duplica aproximadamente, en referencia a los PDCAAS se concluye que existe alrededor del 60 % para las formulaciones, en comparación del pan elaborado solamente con trigo el cual presenta 38 %.
- Respecto al mejor formulación fue el que tuvo mayor aceptación el T1 (HQ 20 %, HC 5 %, HT 75 %) presento un contenido proteico de 14.22 %, aunque no fue el tratamiento que presento mayor contenido proteico, pero existió un enriquecimiento considerable frente al contenido proteico de un pan comercial 9.96%.

V. RECOMENDACIONES

- ✓ Evaluar el tiempo de vida útil, a las diferentes formulaciones de panes de molde, debido a que las sustituciones puedan alterar el tiempo de duración del producto.
- ✓ Se recomienda realizar un análisis de HPLC para poder determinar el contenido de omega tres y ácidos grasos presentes en los panes molde enriquecidos con harina de quinua y chia, para mayores conocimientos en cuanto a las propiedades nutricionales.
- ✓ Se recomienda realizar un análisis de digestibilidad a las formulaciones, debido a que los cálculos realizados fueron con datos de bibliografía.
- ✓ Se sugiere practicar ensayos de alveograma a este producto para determinar las propiedades de elasticidad, viscosidad y plasticidad.
- ✓ Determinar el contenido de carbohidratos por otro método, no por diferencia si no un método cuantificable.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Granada , v. (2013). Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de trigo nacional *Triticum vulgare*. (tesis de pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Aguilar Valenzuela , J. (2011). Efecto de la harina de lenteja *Lens culinaris* sobre las propiedades reológicas y de panificación . *Ciencia U.A.Q*, 4-9.
- Ahamed, N., Singhal, R., Kulkarni, P., & Pal, M. (1998). Un menor grano conocido, *Chenopodium quinoa*. revisión de la composición química de sus partes comestibles . *nutrición en alimentos* , 61-70.
- Alvares, F., & Tucsa, R. (2009). Elaboración de pan dulce precosido enriquecido con harina de quinua *Chenopodium quinoa*. (tesis de pre grado) Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Alvis, A., Pérez, L., & Arrozala , G. S. (2010). Estudio de propiedades físicas y viscoelásticas de panes elaborados con mezclas de harina de trigo y arroz integral . (tesis de pregrado) Universidad de Córdoba, Colombia.
- Anzaldúa Morales , a. (1994). Evaluación sensorial de alimentos en la teoría y la práctica . España , Acribia S. A. .
- Arroyave Sierra, L. M., & Esguerra Romero, C. (2006). Utilización de la harina de quinua *Chenopodium quinoa Willd* en el proceso de panificación . (tesis de pre grado) Universidad de la Salle, Bogotá.
- Ayala , G., Ortega, L., & Morón , C. (2001). Valor nutritivo y usos de la quinua . *Quinoa artesanal cultivo andino, alimento del presente y futuro* , 36-45.
- Ayerza, R., & Coartes , W. (2004). Niveles dietéticos de chia influencia en el colesterol, contenido de lípidos y composición de ácidos grasos . (tesis de maestría) Universidad Nacional de la Plata, Argentina .
- Badui Dergal , S. (2006). *Química de los alimentos*. México, Pearson Educación .
- Baños Espinoza, B. (2007). Caracterización reológicas de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble . *Instituto de Ciencias Agropecuarias* , 46-49.
- Bautista Justo, M., & Barrón Martínez, A. (2012). Propiedades funcionales y valor nutritivo de panes integrales con chia y linaza. (tesis de pre grado) Universidad Autónoma de Nuevo León, Guanajuato.

- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Química de los alimentos. Zaragoza-España: Acribia S. A.
- Bello Gutiérrez, J. (2000). Ciencia bromatológica principios generales de alimentos. España: Editografos.
- Bennion, B. (1970). Fabricación del pan . Zaragoza-España: Acribia S. A.
- Calaveras , J. (1996). Tratado de panificación y bollería. España: Acribia S. A.
- Carrera , P. (1995). Sustitucion de harina de trigo por quinua *Chenopodium quinoa* precocida en la elvaoracion de pan . (tesis de pre grado) Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Cauvain , S. P., & Young, L. S. (2009). Tecnología de panificación . Sau Paulo-Brasil, Editora Manole.
- Cervilla, N., Mufari , J., & Calandri, E. (2012). determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinua de origen Aregentino. Evaluando su calidad proteica. Actualización en nutrición (ICTA, CONICET), 107-111.
- Cheftel, J., & Cheftel, H. (1976). Introducción a la bioquímica de los alimentos . Zaragoza-España: Acribia S. A.
- Collar , C., & Bollaín , C. (2005). Las relaciones entre los indicadores funcionales de masa durante los pasos para preparar pan en muestras formuladas . Investigación Alimentaria Europea y Tecnología , 372-379.
- Collazos Ch., C., Alvistur J., E., Vásquez G., J., Quiroz M., A., Herrera A., N., Robles G., N., y otros. (1996). Tablas Peruanas de composicion quimica de los alimentos. Lima, Instituto Nacional de Salud-Centro Nacional de Salud y Nutrición.
- Coultate, T. P. (2002). Manual de bioquímica de los alimentos. Zaragoza-España, Acribia S.A.
- De la Cruz, W. (2009). Complementacion protéica de harina de trigo *Triticum aestivum* L. por harina de quinua *Chenopodium quinoa* Willd y suero en pan molde y tiempo de vida util. (tesis de maestria) Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Delmoro, J., Muños , D., Nadal , V., Clementz, A., & Pranzetti, V. (2010). Determinación de color en mieles . El color en alimentos , 145-152.
- Dendy, D., & Dobraszczyk. (2001). Pan una alimento único . Cereales y productos derivados, 223-278.

- Espinoza Atencia, E. (2007). Evaluación sensorial de los alimentos . Tacna, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Esteller, M. S., Amaral , R. L., & Lannes, S. S. (2004). Efecto del azúcar y grasa sustitutos de la textura de los productos horneados . Revista de estudios de la textura , 79-98.
- Falder Rivero, A. (2007). Enciclopedia de alimentos. Madrid-España: Marcasa.
- Fuentes Aguilar, G. (2012). Propiedades funcionales de harina de semilla de chia *Salvia hispanica* L. y su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y microscópicas en un batido cárnico. (tesis de maestria) Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico.
- García García, D. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con harinas de quinua *Chenopodium quinoa*. (tesis de pre grado) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gil, A. (2010). Tratado de nutrición , composición y calidad nutritiva de los alimentos . Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Granville, M. (2002). Guía para entender la comunicación del color. X-Rite, 03-18.
- Guardia Escobar, C. V. (2006). Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum vulgare* por salvado germinado de galletas dulces de habas *Vicia faba* L. (tesis de pre grado) Universidad Nacional del Callao, Lima.
- Guillerian, A. R. (2011). Monografía de Lic. en nutrición . Instituto Universitario de Ciencias de la Salud Fundación H. A., 26-34.
- Gutiérrez Poblete, P. (2007). Elaboración de galletas con semillas de chia *Salvia hispanica* como alimento funcional con aporte de ácidos grasos omega-3. (tesis de pre grado) Universidad de Chile, Santiago.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar , R. (2008). Análisis de diseño de experimentos . México, Mc Graw-Hill.
- Heiniö, R. L. (2003). Influencia en el procesamiento en el sabor de la avena y centeno . (tesis doctoral) Universidad de Helsinki, Helsinki.
- Hernández Hernández, E. (2003). Evaluación del efecto de harina de nopal *Opuntia* spp. natural y libre de clorofila en la elaboración de tortilla de maíz. (tesis de pre grado) Universidad de Buenavista Santillo, Mexico .
- Huamancondor Paz, Y. M., & Olivos Milla, J. A. (2013). Evaluación de la capacidad antioxidante de los polifenoles totales de la piel, casco y semillas liofilizadas del

- maracuya *Passiflora edulis*. (tesis de pregrado) Universidad Nacional del Santa, Chimbote .
- Humames Carrasco, J. P. (2011). Panadería y pastelería . Zaragoza-España, Norma Capitel.
- Ivana Capitani, M. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chia *Salvia hispanica L.* . (tesis doctoral) Universidad nacional de la Plata, Buenos Aires.
- Kirchhoff, E., & Schieberle, P. (2001). Determinación de compuestos aromáticos clave en la miga de un pan de centeno de masa de tres etapas mediante ensayos de dilución de isótopos y estudios sensoriales. *Química del alimentos agrícola* , 4304-4311.
- Loscano Sumbana, A. V. (2010). Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada *Hordeum vulgare*, maíz *Zea mays*, quinua *Chenopodium quinoa* y tubérculo: papa *Solanum tuberosum* nacionales con trigo *Triticum vulgare* importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas. (tesis de pre grado) Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Mc Carty, D. F., Gallagher, E., Gormley, T., Schober, T. J., & Arendt, E. K. (2005). Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en el desarrollo de pan sin gluten . *Química del cereal* , 609-6015.
- Merino Sauces, C. (2013). Mejora de la calidad de pan sin gluten a través de la mezcla de almidones y harinas. *Tecnología de alimentos*, 1-38.
- MINSA, & Instituto Nacional de salud. (2009). Tablas Peruanas de composición de alimentos . Lima, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Instituto Nacional de Salud .
- Mujica, A. (1988). Parámetros genéticos e índices de selección de quinua *Chenopodium quinoa Willd.* (tesis doctoral) Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, México.
- Mujica, A. (1993). Cultivo de quinua. Dirección General de Investigación Agraria, 11-93.
- Mutungu, C. (2010). Características y reológicas y de horneado de pan preparado a partir de almidón pregelatinizado de yuca y sorgo modificados usando transglutaminasa microbiana. *Diario de alimentos en ingeniería* , 465-470.
- Nielsen, Z. S. (2007). Análisis de los alimentos . Zaragoza-España: Acribia S. A.

- Onyago, C., Mutungi, C., Unbehend, G., & Lindhauerl, M. (2010). a. Diario de alimentos Igeniería, 465-470.
- Pinto Kramer , A., Brito , G., & Beccio , B. (2006). Catedra de nutrición normal. programam de doctorado en nutricion , 75-116.
- Repro Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). Vlaor nutricional y el uso del cultivo de quinua andina *Chenopodium quinoa* y kañiwa *Chenopodium pallicaule*. Revista internacional de alimentos , 220-286.
- Rivera, A. (2006). reporte de laboratorio de farinología. Textura Corpoica Tibaitata, 2015-226.
- Rubio Arraez, S. (2010). Aproximación tecno-funcional de matrices mixtas de cereales aplicacion en sistemas panarios. (tesis de maestria) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Sancho Robles, M. (2012). Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harinas integrales de centeno, arroz y quinua . (tesis de maestria) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Sancho Valls, J., Bota , J., & De Castro J., J. (2002). Introducción al análisis de los alimentos . España, Edición de la Universidad de Barcelona.
- Sandoval Oliveros , M. R. (2012). Aislamiento y caracterización de las proteínas de reserva de chia *Salvia hispánica* L. (tesis de maestria) Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro .
- Sanz Ponce, N. (2008). Desorrollo de panes especiales con amaranto . (tesis de maestria) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia .
- Sciarini, L. S., Pérez , G. T., Edel León , A., & Ribotta, P. D. (2012). Elavoración de pna sin gluten, impacto de la adición de hidrocoloide . Tecnología en alimentos y bioprocesos., 1724-1732.
- Silveira , M., & Salas , M. (2013). Pan formulado con adición de harina de chia . (tesis de pegrado) Universidad Federal de Rio Grande, Rio Grande-Brasil .
- Silveira Coelho, M., & Salas Mellado, M. (2013). Pan formulado con chia *Salvia hispanica* L. La alimentacion latinoamericana , 28-49.
- Steffolani , M. E. (2010). Efecto de las enzimas pentonasas, glucosa oxidasa y transglutaminasas en productos de panificación. (tesis doctoral) Universidad Nacional de la PLata, Buenos Aires .

- Tejero Aparicio, F. (1992). Panadería Española . Barcelona, Magnitud Editores.
- Unión Química, A. (2010). Chia Salvia nativa la mayor fuente natural de omega-3. U.Q.A., 5-20.
- Wirtz, R. (2003). Mejora del sabor del pan-mejora de la calidad del pan . Editor pan decisiones , 467-486.
- Yela Molina, A. A. (2004). Determinación de proteínas, cenizas, sólidos totales, humedad, grado de imbibición, pH y cloruro de sodio de diferentes marcas de pan blanco tipo sandwich de consumo masivo en Guatemala . (tesis de pre grado) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala .

WEBGRAFIAS:

- <http://www.ecured.cu/index.php/Archivo:Analisis-Sensorial.jpg> (visitado el 20 de Mayo, 2014).
- <http://bioquimicacetis110.blogspot.com/2009/02/31-estructura-y-nombre-de-aminoácidos-y.html> (visitado el 01 de Junio, 2014).

ANEXOS

ANEXO 01: FORMULACIÓN DE LOS PANES MOLDE

MATERIA PRIMA E INSUMOS							
CÁLCULO REALIZADO PARA EL TRATAMIENTO 1							
INGREDIENTES		Unid	Cantidad de insumos			% en base a las harinas	% en base al total de la mezcla
			Esonja	Refresco	T1		
HARINAS	Harina especial de trigo	kg	0.5000	1.0000	1.5000	75.00	43.41
	Harina de quinua	kg		0.4000	0.4000	20.00	11.58
	Harina de chia	kg		0.1000	0.1000	5.00	2.89
Sub-Total					2.0000	100.00	
INSUMOS	Azúcar blanca	kg	0.0200	0.0600	0.0800	4.00	2.32
	Sal	kg	0.0100	0.0225	0.0325	1.63	0.94
	Levadura	kg	0.0250	0.0030	0.0280	1.40	0.81
	Mejorador	kg		0.0020	0.0020	0.10	0.06
	Manteca vegetal	kg		0.1000	0.1000	5.00	2.89
	Aceite vegetal	l		0.0500	0.0500	2.50	1.45
	Leche en polvo	kg		0.0250	0.0250	1.25	0.72
	Lecitina de soya	kg		0.0050	0.0050	0.25	0.14
	Propionato de calcio	kg		0.0080	0.0080	0.40	0.23
	Agua	l	0.2750	0.8500	1.1250	56.25	32.56
TOTAL					3.4555		100.00

Se consideró la cantidad de los insumos constante para todos los tratamientos debido a que solo varían los porcentajes de las harinas en los diferentes tratamientos en base a las formulaciones que se muestran en la matriz del diseño experimental, a continuación se detallan los porcentajes y la cantidad de materia prima (harinas) para los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	INGREDIENTES	% EN BASE A LAS HARINAS	CANTIDAD DE HARINAS EN kg
T1	Harina especial de trigo	75	1.5000
	Harina de quinua	20	0.4000
	Harina de chia	5	0.1000
T2	Harina especial de trigo	70	1.4000
	Harina de quinua	20	0.4000
	Harina de chia	10	0.2000
T3	Harina especial de trigo	76.3	1.5250
	Harina de quinua	17.5	0.3500
	Harina de chia	6.25	0.1250
T4	Harina especial de trigo	73.8	1.4750
	Harina de quinua	17.5	0.3500
	Harina de chia	8.75	0.1750
T5	Harina especial de trigo	73.8	1.4750
	Harina de quinua	17.5	0.3500
	Harina de chia	8.75	0.1750
T5	Harina especial de trigo	100	2.0000
	Harina de quinua	0	0.0000
	Harina de chia	0	0.0000

ANEXO 02: METODOLOGÍAS PARA LA AVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS QUÍMICAS

CENIZAS (Método N°923.03 de la AOAC)

Materiales y reactivos

- ✓ Mechero bunsen
- ✓ Crisoles de porcelana
- ✓ Pinzas para crisol
- ✓ Desecador
- ✓ Parrilla de calentamiento
- ✓ Mufla
- ✓ Balanza analítica

Procedimiento

Se pesó 3 g de muestra bien homogénea en un crisol previamente tarado, luego se carbonizo la muestra lentamente con ayuda de pinzas y una cocinilla (para el caso de muestras sólidas), en este caso es importante no permitir que la muestra se encienda o se derrame ya que esto ocasionará pérdidas que afectarán al resultado. Posteriormente incinero en una mufla a 600 °C hasta que las cenizas estén libres de carbono (cuando las cenizas presentaron un color blanco grisáceo durante 6 horas. Luego enfriamos las muestras por 30 min en un desecador, pesamos y calculamos el porcentaje de cenizas.

Se realizó los cálculos considerando la siguiente fórmula (AOAC internacional, 1880)

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{w1 - w2}{w} \dots \dots \dots \text{Ec. (15)}$$

Anotamos los datos obtenidos durante el desarrollo de la prueba experimental.

W1=Peso del crisol con muestra calcinada g

W2=Peso del crisol solo g

W =Peso de la muestra g

PROTEINA (Método N°920.87 de la AOAC –Kjeldahl-)

El contenido en proteína se determinó mediante el método de Kjendahl el porcentaje de proteína de un producto es el resultado de multiplicar el contenido en nitrógeno, determinado por el procedimiento Kjeldahl por un factor de transformación del nitrógeno en proteína. Este método es aplicable a los granos, harinas, panes, pastas y otros derivados de los cereales.

Materiales y reactivos

- ✓ Mortero
- ✓ Bureta, probetas de 50 y 100 ml
- ✓ Pipetas
- ✓ Matraces Erlen Meyer de 500 ml
- ✓ Matraces de Kjeldahl de 800 ml
- ✓ Aparato digestor y destilador Kjeldahl
- ✓ Balanza analítica con sensibilidad de 0.1 ml
- ✓ Sulfato de potasio
- ✓ Sulfato cúprico pentahidratado
- ✓ Dióxido de selenio
- ✓ ácido sulfúrico concentrado
- ✓ ácido sulfúrico 0.1 N.
- ✓ ácido bórico al 2 %
- ✓ Rojo de metilo
- ✓ Hidróxido de sodio al 50 %
- ✓ Zinc granulado

Procedimiento

Preparación de Reactivos:

Preparar la mezcla digestora como se indica a continuación:

Para la preparación de la mezcla digestora se utilizó, 200 g de sulfato de potasio, 20 g de sulfato cúprico pentahidratado, 5 g de dióxido de selenio sublimado para síntesis.

Se procederá a moler el sulfato cúprico hasta que el tamaño de la partícula sea similar a la del dióxido de selenio, posteriormente se hizo lo mismo con el sulfato de potasio, mezclar. Se añadió el dióxido de selenio y mezcló bien. Es necesario que al manipular

el dióxido de selenio se tenga precaución, se recomienda el empleo de mascarillas. Guardar la mezcla en un frasco bien tapado.

Indicador para la proteína (1 l de solución)

(40 g de ácido bórico + 20 ml de verde de bromocresol +8 ml de rojo de metilo.)

- ✓ Pesamos 40 g de ácido bórico y diluimos en agua caliente (sin que llegue a ebullición).
- ✓ Pesamos 0.1 g de verde de bromocresol y lo diluimos con 100 ml de alcohol (solución al 0.1 %) y usamos 20 ml de esta solución.
- ✓ Pesamos 0.1 g de rojo de metilo y lo diluimos con 100 ml de alcohol (solución al 0.1 %) y usamos 8 ml de esta solución.
- ✓ Mezclamos apropiadamente (20 ml de verde de bromocresol + 8 ml de rojo de metilo + 40 g de ácido bórico diluido en agua caliente) y luego se enrasa en una fiola de 1 l con agua destilada.

a). Digestión:

Se pesó 1 g de muestra de pan molde en un papel libre de nitrógeno, luego se pasó a un matraz de Kjeldahl, se añadió 1 g de mezcla digestora, 3 ml de ácido sulfúrico concentrado. Seguidamente prender el extractor de humos y las parrillas de calentamiento. A partir de que el líquido este transparente calentamos 30 minutos más. Enfriar y proceder con la destilación.

b). Destilación:

Seguidamente colocamos el tubo terminal del refrigerante del aparato a un matraz Erlenmeyer con 50 ml de ácido bórico diluido con 2 gotas de rojo de metilo. Prendemos las parrillas de calentamiento y abrimos la llave del agua de los refrigerantes. Añadimos 300 ml de agua destilada al matraz con la muestra digerida previamente enfriado, disolver bien, enfriar si es que se ha calentado por la adición de agua, Destilamos aproximadamente 250 ml, apagar la parrilla e inmediatamente secar la terminal del refrigerante del matraz Erlenmeyer y lavar con una pizeta que contenga agua destilada.

c). Titulación:

Titularemos el líquido destilado con ácido sulfúrico 0.1 N dependiendo de la cantidad de nitrógeno que espera encontrar. El punto final de la titulación será

cuando al adicionar una gota más del ácido sulfúrico diluido haya un vire de amarillo a rosa.

Anotamos los datos obtenidos durante el desarrollo de la práctica.

- ✓ Volumen gastado por la muestra problema (ml)
- ✓ Volumen gastado por el blanco (ml)
- ✓ Normalidad del ácido (N)
- ✓ Peso de la muestra (g)

Se Realizó los cálculos considerando la siguiente fórmula

$$\% N = \frac{(ml\ problema - ml\ blanco)(meq)(N\ del\ ácido\ sulfurico)}{peso\ real\ de\ la\ muestra} \times 100 \dots \dots \dots Ec. (16)$$

$$\% Proteína = (\% N) (6.25)$$

El factor de 6.25 variará dependiendo del alimento. (AOAC internacional, 1880)

GRASA (Método N°920.39 AOAC –Soxhlet-)

El contenido en grasa de las muestras de pan se determinó mediante el método de Soxhlet, el porcentaje de grasa del pan define convencionalmente como la parte del mismo extraíble por éter de petróleo en condiciones determinadas.

Este método es aplicable a los granos, harinas, panes, pastas y otros productos derivados de los cereales.

Material y equipos:

- ✓ Extractor tipo Soxhlet.
- ✓ Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.
- ✓ Estufa de desecación, graduada a 100 °C.
- ✓ Desecador con placa de porcelana o metálica perforada, conteniendo un agente deshidratante, como anhídrido fosfórico o silicagel.
- ✓ Cartuchos de extracción.
- ✓ Matraces de 100 a 150 ml, adaptable al extractor.
- ✓ Batería de extracción
- ✓ Éter de petróleo

Procedimiento.

- ✓ Colocamos el matraz del equipo Soxhlet en la estufa hasta peso constante, transferirlo a un desecador, enfriar y pesarlo.

- ✓ Para la determinación de grasa se utilizó la muestra seca de humedad.
- ✓ Vaciamos la muestra a un cartucho de extracción y extraemos la muestra en un extractor Soxhlet durante 4 horas, si la condensación es de 5 o 6 gotas/segundo
- ✓ Evaporamos el éter contenido en el matraz con precaución, secamos en la estufa a 100 °C durante 30 minutos, se enfrió en desecador y pesamos.

El porcentaje de grasa se obtiene por la fórmula:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (17)}$$

Dónde:

- W1* = *Peso de matraz con grasa* *g*
- W2* = *Peso del matraz sólo* *g*
- W* = *Peso de la muestra* *g*

FIBRA (Método N° 969.09 de la AOAC)

La fibra es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra a condiciones como ebullición de ácido sulfúrico diluido, el cual proporciona una fibra cruda que consiste en celulosa y cierta porción de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra original.

MATERIALES

- ✓ Solución de ácido sulfúrico a 1.25 %
- ✓ Solución de hidróxido de sodio a 1.25 %
- ✓ Papel filtro
- ✓ Papel libre de ceniza para fibra
- ✓ Pipetas de 1.5 y 10 ml
- ✓ Mufla
- ✓ Crisol
- ✓ Probeta de 100 ml
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Embudo de vidrio
- ✓ Equipo de digestión
- ✓ Kitassato
- ✓ Etanol

Procedimiento:

Tratamiento de la muestra

- ✓ Pasamos 2 g de muestra de pan (desgrasada), transferimos a un matraz de 600 ml y agregamos 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25 %.
- ✓ Mantenemos por 30 min a temperatura de ebullición. tener cuidado con la formación de espuma para no perder la muestra.
- ✓ Giramos el matraz a intervalos de pocos minutos para mezclar el contenido e incorporar partículas de las paredes
- ✓ Removemos el matraz y filtrar; se debe asegurar que el papel filtro sea de buena calidad de modo que no desprenda fibras durante el lavado.
- ✓ Se Lavó con 50 ml de agua destilada caliente. Remover el filtrado y repetir 3 veces con 50 ml; eliminar el exceso de agua.
- ✓ Luego retornamos la muestra al matraz y agregar 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25 %, hervir por 30 min exactamente.
- ✓ Luego filtramos en papel filtro y lavar con 25 ml de ácido sulfúrico caliente a 1.25 %, y 50 ml de agua destilada caliente.
- ✓ Finalmente se lavó con alcohol.

Tratamiento del residuo

- ✓ Colocamos la muestra (muestra+ papel filtro libre de cenizas) en un crisol (previamente pesado) y secarlo en estufa a 130 °C por 2 horas enfriar en un desecador y pesar.
- ✓ Se Colocó el crisol en la mufla y proceder a incinerar a 600 °C durante 30 min.
- ✓ Se enfrió en un desecador y pesó.

$$\% \text{ fibra} = \frac{P1 - P2}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (18)}$$

P1= Peso obtenido después de secar la muestra - peso del papel filtro libre de ceniza- pesos del crisol.

P2= Peso obtenido des pues del incinerado- peso del crisol.

ANEXO 03: METODOLOGÍAS PARA LA AVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS FÍSICAS

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (Método N°925.10 de la AOAC)

Instrumentos

- ✓ Estufa provista de regulador de temperatura.
- ✓ Balanza analítica.
- ✓ Cápsulas de porcelana.
- ✓ Mortero.
- ✓ Cuchillo y tabla de picar.
- ✓ Pinzas.
- ✓ Desecador.

Preparación de la muestra

- ✓ La determinación se realizó 3 días después que el pan haya salido del horno.
- ✓ Se utilizarón muestras de panes de molde de 2 a cm de espesor
- ✓ Se procedió a picar la muestra en pedazos los más pequeños posibles y se homogenizo para tener muestra homogénea de miga y corteza.

Procedimiento.

- ✓ Se pesó una cantidad de muestra de pan molde de 5 g y registrar tal valor como M.
- ✓ Luego se colocaron las muestras en capsulas de porcelana debidamente rotuladas,
- ✓ Seguidamente se colocaron las muestras a la estufa a secar por 4 horas a 130 °C, controlar el tiempo después que la estufa haya alcanzado la temperatura de 130 °C.
- ✓ Transcurrido el tiempo se retiraron las muestras pero tapadas o protegidas, esto con la finalidad de que la muestra no adquiera humedad del ambiente y esperas que las muestras enfríen hasta alcanzar temperatura ambiente en un desecador.
- ✓ Se pesó las muestras de pan secados más la placa y registrar el valor el valor como mf, para manipular la placa utilizar pinzas con el objetivo de evitar ganacia de humedad.

- ✓ Repetimos el procedimiento por 30 min más adicional para observar que el peso de la muestra sea constante en caso siga variando anotar el nuevo peso.
- ✓ Determinamos el porcentaje de humedad mediante cálculo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{M - (Mf - Mp)}{M} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (19)}$$

Dónde:

M = Masa inicial en g de la muestra

Mf = Masa en g del producto desecado + la placa

Mp = Masa de la placa en g

TEXTURA DEL DE PAN.

El perfil de textura del pan se determinó usando un Texturómetro TA-XT2 bajo las siguientes condiciones: velocidad del cabezal: 100 mm/min, deformación máxima: 40 %, diámetro del émbolo de penetración 25.7 mm.

- ✓ Para el análisis de la textura se usaron las hogazas de pan fresco que serán guardadas en bolsas de polietileno y almacenadas por 4 días después del horneado.
- ✓ Una hogaza de pan fue cortada en rodaja de 2.5 cm de espesor para analizar en el texturometro QST 25 (Brookfield).
- ✓ El centro de cada rodaja de pan se sometió a dos ciclos de compresión - descompresión para obtener la curva de TPA (Análisis de Perfil de Textura), a partir de la curva se determinó las características texturales del producto y se podrán determinar los parámetros texturales (dureza y elasticidad),

CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DETERMINADAS

- ✓ **Dureza:** es la fuerza máxima que tiene lugar, en cualquier tiempo, durante el primer ciclo de compresión. Definida también como la fuerza, en g fuerza o newton, necesaria para comprimir una rodaja de pan hasta un 40 % del espesor original.
- ✓ **Elasticidad:** es una medida de cuanto recupera su altura o forma original el alimento luego de ser sometido a una deformación. Estrictamente se define como

la altura que el alimento recupera durante el lapso transcurrido entre el final de la primera mordida y el comienzo de la segunda. Se calcula como el cociente entre la distancia 2 (L2) y la distancia 1 (L1). Por lo tanto, la elasticidad = $L2/L1$.

ANEXO 04: CARTILLA PARA LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN Y APARIENCIA GENERAL

PRUEBA DE DEGUSTACIÓN

NOMBRE:

FECHA:

INSTRUCCIÓN: Coloque una x en la opción que usted considere, de acuerdo a las características organolépticas que se especifican a continuación:

CARACTERÍSTICAS		Muestras						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	TC
COLOR	MUY INTENSO							
	INTENSO							
	INDIFERENTE							
	OPACO							
	MUY OPACO							
OLOR	MUY FUERTE							
	FUERTE/MODERADO							
	INDIFERENTE (SIN OLOR)							
	DÉBIL							
	MUY DÉBIL							
SABOR	MUY AGRADABLE							
	AGRADABLE							
	INDIFERENTE							
	DESAGRADABLE							
	MUY DESAGRADABLE							
DUREZA	MUY BLANDO							
	BLANDO							
	FIRME							
	DURO							
	MUY DURO							
GOMOSIDAD	MUY SECO							
	SECO							
	HARINOSO							
	PASTOSO							
	GOMOSO							

OBSERVACIONES:.....

APARIENCIA GENERAL

NOMBRE:

FECHA:

INSTRUCCIÓN: Coloque una x en la opción que usted considere, según a la apreciación general del producto que se especifican a continuación:

CARACTERÍSTICAS		Muestras						
		T1	T3	T5	TC	T2	T4	T6
APRECIACIÓN GENERAL	ME GUSTA DEMASIADO							
	ME GUSTA							
	INDIFERENTE							
	ME DISCUTA							
	ME DISGUSTA DEMASIADO							

**ANEXO 05: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE (PROTEÍNA Y FIBRA) DE
CADA TRATAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS REPLICAS**

TRATAMIENTOS	REPLICAS	% DE PROTEINA		% DE FIBRA	
		% b.s.	% b.h.	% b.s.	% b.h.
T1	R1	14.2151	10.1567	10.9840	7.8481
	R2	14.2563	10.1861	11.0150	7.8702
	R3	14.1889	10.138	11.0010	7.8602
	Promedio	14.22	10.16	11.00	7.86
T2	R1	15.9245	10.7379	15.2340	10.2723
	R2	16.0131	10.7976	14.9210	10.0612
	R3	15.8645	10.6974	14.8350	10.0032
	Promedio	15.93	10.74	15.00	10.11
T3	R1	13.7621	9.5275	9.2340	6.3927
	R2	13.8198	9.56745	9.1810	6.3560
	R3	13.9421	9.65212	8.9810	6.2175
	Promedio	13.84	9.58	9.13	6.32
T4	R1	14.0828	9.73121	10.2120	7.0565
	R2	14.0515	9.70959	11.0100	7.6079
	R3	13.9859	9.66426	10.0220	6.9252
	Promedio	14.04	9.70	10.41	7.20
T5	R1	15.5213	10.6321	12.8880	8.8283
	R2	15.2831	10.4689	12.9820	8.8927
	R3	15.4008	10.5495	13.1210	8.9879
	Promedio	15.40	10.55	13.00	8.90
T6	R1	9.99015	6.71838	6.3180	4.2489
	R2	10.0945	6.78855	5.9697	4.0146
	R3	9.7821	6.57846	6.1080	4.1076
	Promedio	9.96	6.70	6.13	4.12

**ANEXO 06: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE (LÍPIDOS) DE CADA
TRATAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS REPLICAS**

TRATAMIENTOS	REPLICAS	PESO DEL MATRAZ (g)	PESO MUESTRA (g)	PESO DEL MATRAZ + GRASA (g)	% DE GRASA	
					% b.s.	% b.h.
T1	R1	112.1	1.649	112.2	9.279	6.63
	R2	112.9	1.627	113	9.256	6.614
	R3	112.9	1.609	113	9.212	6.582
	Promedio				9.25	6.61
T2	R1	102.8	1.392	103	10.24	6.908
	R2	100.4	1.392	100.5	10.15	6.845
	R3	102.3	1.39	102.4	10.1	6.811
	Promedio				10.17	6.85
T3	R1	108.6	2.537	108.9	9.61	6.653
	R2	112.5	2.507	112.7	9.561	6.619
	R3	110.3	2.503	110.5	9.566	6.623
	Promedio				9.58	6.63
T4	R1	103.8	2.518	104	9.745	6.734
	R2	112.6	2.563	112.9	9.791	6.766
	R3	102.9	2.552	103.1	9.749	6.736
	Promedio				9.76	6.75
T5	R1	109.4	1.04	109.5	9.428	6.458
	R2	105.9	1.223	106	9.443	6.469
	R3	106.8	1.45	106.9	9.449	6.473
	Promedio				9.44	6.47
T6	R1	106.8	2.364	107	8.985	6.042
	R2	108.8	2.356	109	8.9	5.985
	R3	112.1	2.378	112.3	8.957	6.024
	Promedio				8.95	6.02

**ANEXO 07: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE (CENIZA) DE CADA
TRATAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS REPLICAS**

TRATAMIENTOS	REPLICAS	PESO DEL CRISOL (g)	PESO DE LA MUESTRA (g)	PESO DEL CRISOL +MUESTRA CALCINADA (g)	% DE CENIZA	
					% b.h.	% b.s.
T1	R1	22.1282	3.0227	22.1965	2.2596	3.1624
	R2	19.4774	3.0041	19.5452	2.2569	3.1587
	R3	27.3902	3.0042	27.4589	2.2868	3.2006
	Promedio				2.27	3.17
T2	R1	36.9867	3.0055	37.0558	2.2991	3.4096
	R2	39.3317	3.0093	39.4008	2.2962	3.4053
	R3	37.3204	3.0148	37.3898	2.302	3.4139
	Promedio				2.30	3.41
T3	R1	39.968	3.0207	40.0387	2.3405	3.3808
	R2	37.6044	3.0121	37.6751	2.3472	3.3904
	R3	31.5934	3.0289	31.6643	2.3408	3.3812
	Promedio				2.34	3.38
T4	R1	37.0197	3.0043	37.0886	2.2934	3.3189
	R2	21.9806	3.033	22.0498	2.2816	3.3018
	R3	33.4858	3.0091	33.5546	2.2864	3.3088
	Promedio				2.29	3.31
T5	R1	34.289	3.0035	34.3609	2.3939	3.4947
	R2	38.2022	3.0045	38.2741	2.3931	3.4935
	R3	37.4854	3.0042	37.5573	2.3933	3.4939
	Promedio				2.39	3.49
T6	R1	40.5863	3.0068	40.6433	1.8957	2.8189
	R2	37.2999	3.0078	37.3572	1.905	2.8328
	R3	36.6156	3	36.6725	1.8967	2.8203
	Promedio				1.90	2.82

ANEXO 08: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE (CARBOHIDRATOS, ACIDEZ Y pH) DE CADA TRATAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS REPLICAS

TRATAMIENTOS	REPLICAS	% DE CARBOHIDRATOS		% DE ACIDEZ	pH
		% b.s.	% b.h.		
T1	R1	62.358976	44.564621	0.0170	6.016
	R2	62.313666	44.520504	0.0158	6.024
	R3	62.397135	44.571889	0.0170	5.997
	Promedio	62.36	44.55	0.0166	6.01
T2	R1	55.187610	36.940025	0.0073	5.800
	R2	55.479408	37.530489	0.0085	5.997
	R3	55.903236	37.855220	0.0097	5.854
	Promedio	55.52	37.44	0.0085	5.88
T3	R1	63.616445	44.098743	0.0085	6.041
	R2	64.047916	44.384884	0.0085	6.037
	R3	64.053376	44.238327	0.0097	6.091
	Promedio	63.91	44.24	0.0089	6.06
T4	R1	62.737943	43.356017	0.0073	5.91
	R2	61.845443	43.402364	0.0073	5.912
	R3	62.920013	42.797309	0.0098	6.002
	Promedio	62.50	43.19	0.0082	5.94
T5	R1	58.668384	40.351604	0.0085	6.009
	R2	58.798139	39.955180	0.0097	6.005
	R3	58.535380	40.267989	0.0097	6.013
	Promedio	58.67	40.19	0.0093	6.01
T6	R1	71.888189	48.410690	0.0049	6.048
	R2	72.202715	48.483608	0.0049	6.053
	R3	72.332471	48.644862	0.0061	6.031
	Promedio	72.14	48.51	0.0053	6.04

**ANEXO 09: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE (HUMEDAD) DE CADA
TRATAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS REPLICAS**

TRATAMIENTOS	REPLICAS	PESO DE LA PLACA (g)	PESO DE LA MUESTRA (g)	PESO DE LA PLACA +MUESTRA DESECADA (g)	% DE HUMEDAD
T1	R1	60.6171	5.0016	64.1912	28.54086692
	R2	100.1656	5.0104	103.7454	28.55261057
	R3	59.8907	5.0030	63.4648	28.56086348
	Promedio				28.55
T2	R1	61.9867	5.0032	65.3467	32.84298049
	R2	57.7233	5.0223	61.1159	32.44927623
	R3	69.7138	5.0018	73.0945	32.41033228
	Promedio				32.57
T3	R1	79.9548	5.0272	83.4380	30.71292171
	R2	58.8824	5.0118	62.3543	30.72548785
	R3	71.0996	5.0010	74.5565	30.87582484
	Promedio				30.77
T4	R1	72.5701	5.0039	76.0280	30.8959012
	R2	103.8873	5.0035	107.3781	30.2328370
	R3	81.6670	5.0031	85.0901	31.5804201
	Promedio				30.903
T5	R1	87.5878	5.0006	91.0214	31.33623965
	R2	76.6608	5.0007	80.0702	31.82154498
	R3	73.7064	5.0002	77.1401	31.32874685
	Promedio				31.50
T6	R1	78.7875	5.0009	82.1539	32.68411686
	R2	70.1759	5.0005	73.5351	32.82271773
	R3	87.5878	5.0005	90.9507	32.74872513
	Promedio				32.75

ANEXO 10: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE (PERDIDA DE HUMEDAD EN EL PROCESO) DE CADA TRATAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS REPLICAS

TRATAMIENTOS	REPLICAS	VOLUMEN MI	ESTRUCTURA DE LA MIGA (Unid. x 7.5 cm ²)	PERDÍA DE HUMEDAD EN EL PROCESO		
				MASA CRUDA	MASA HORNEADA	HUMEDAD PERDIDA
				(g)	(g)	(g)
T1	R1	2322	647	800.00	705	95
	R2	2326	767	800.00	698	102
	R3	2386	650	800.00	703	97
	Promedio	2344.67	688	800.00	702.00	98.00
T2	R1	2260	911	800.00	710	90
	R2	2238	820	800.00	713	87
	R3	2244	655	800.00	715	85
	Promedio	2247.33	795	800.00	712.67	87.33
T3	R1	2341	810	800.00	705	95
	R2	2355	1019	800.00	712	88
	R3	2342	986	800.00	707	93
	Promedio	2346.00	938	800.00	708	92.00
T4	R1	2295	1158	800.00	702	98
	R2	2310	1051	800.00	708	92
	R3	2325	1072	800.00	703	97
	Promedio	2310.00	1094	800.00	704.33	95.67
T5	R1	2287	994	800.00	710	90
	R2	2250	850	800.00	712	88
	R3	2277	872	800.00	708	92
	Promedio	2271.33	905	800.00	710	90.00
T6	R1	2502	255	800.00	680	120
	R2	2492	274	800.00	687	113
	R3	2544	260	800.00	672	128
	Promedio	2512.67	263	800.00	679.67	120.33

ANEXO 11: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE (COLOR EN LA ESCALA DE CIE L*a*b*) DE CADA TRATAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS REPLICAS

COLOR EXTERNO (CORTEZA)			
REPLICAS	ESCALA PROMEDIO		
	L*	a*	b*
R1	37.56	17.06	14.61
R2	37.04	14.97	15.26
R3	53.78	15.16	28.39
R4	43.11	16.94	20.10
R5	34.64	15.77	10.13
R6	41.23	15.97	17.71
T1	41.23	15.98	17.70
R1	49.89	14.70	25.78
R2	39.89	16.39	15.48
R3	44.55	15.80	20.87
R4	37.87	14.77	12.46
R5	39.74	16.29	17.42
R6	42.40	16.69	12.46
T2	42.39	15.77	17.41
R1	53.18	12.95	25.36
R2	53.21	12.9	25.53
R3	41.77	15.66	15.22
R4	46.16	15.37	21.21
R5	43.35	15.67	18.15
R6	47.52	14.52	21.08
T3	47.53	14.51	21.09
R1	47.48	15.38	21.1
R2	40.5	16.55	15.71
R3	41.61	15.41	14.13
R4	48.84	15.46	22.05
R5	49.33	15.51	19.07
R6	45.55	14.7	22.19
T4	45.55	15.50	19.04

COLOR INTERNO (MIGA)			
REPLICAS	ESCALA PROMEDIO		
	L*	a*	b*
R1	68.44	1.41	14.57
R2	66.19	1.48	14.68
R3	65.17	1.57	15.55
R4	65.59	1.47	15.17
R5	64.56	1.80	15.28
R6	66.00	1.56	15.07
T1	65.99	1.55	15.05
R1	62.41	2.19	13.51
R2	62.95	2.18	14.14
R3	62.91	2.13	14.13
R4	63.58	2.22	14.53
R5	62.51	2.04	13.98
R6	60.63	2.14	13.65
T2	62.50	2.15	13.99
R1	62.15	1.55	14.47
R2	55.19	1.48	14.01
R3	53.13	1.96	14.85
R4	43.19	1.97	14.99
R5	56.05	1.73	15.19
R6	50.10	1.72	14.69
T3	53.30	1.74	14.70
R1	65.54	2.09	14.14
R2	65.24	1.96	14.8
R3	66.55	1.7	13.99
R4	64.8	1.92	14.31
R5	66.19	2.36	14.53
R6	61.19	2.19	13.71
T4	64.92	2.04	14.25

COLOR EXTERNO (CORTEZA)			
REPLICAS	ESCALA PROMEDIO		
	L*	a*	b*
R1	42.85	16.56	17.09
R2	39.81	16.29	13.39
R3	56.18	11.6	16.32
R4	56.55	10.84	25.4
R5	40.94	15.6	15.17
R6	47.29	14.19	17.45
T5	47.27	14.18	17.47
R2	69.49	7.83	27.97
R3	42.31	17.28	17.21
R4	72.05	6.19	27.26
R5	68.31	7.88	28.4
R6	54.84	15.65	26.47
T6	58.90	12.00	24.79

COLOR INTERNO (MIGA)			
REPLICAS	ESCALA PROMEDIO		
	L*	a*	b*
R1	64.81	1.8	14.26
R2	63.21	2.14	14.14
R3	63.96	1.94	14.37
R4	63.79	2.00	14.73
R5	62.06	2.15	14.65
R6	63.60	2.05	14.42
T5	63.57	2.01	14.43
R2	96.28	-0.72	15.35
R3	70.96	-0.78	12.85
R4	75.16	-0.24	14.77
R5	77.11	-0.61	14.91
R6	74.51	-0.08	12.69
T6	77.42	-0.46	14.25

ANEXO 12: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE (ÍNDICE DE COLOR Y DIFERENCIA DE COLOR) DE CADA TRATAMIENTO

ÍNDICE DE COLOR (IC*)		
TRATAMIENTOS	CORTEZA	MIGA
T1	25.64	1.559
T2	23.57	2.461
T3	15.64	2.256
T4	18.83	2.208
T5	19.28	2.197
T6	10.5	-0.42

DIFERENCIA DE COLOR (DE*)			
CORTEZA		MIGA	
DE* 6-1	20	DE* 6-1	12
DE* 6-2	19	DE* 6-2	15
DE* 6-3	12	DE* 6-3	24
DE* 6-4	15	DE* 6-4	13
DE* 6-5	13.9144031	DE* 6-5	14.0675302

**ANEXO 13: DATOS INDIVIDUALES DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL RESPECTO
AL COLOR Y OLOR**

PANELISTA N°	COLOR							OLOR						
	TRATAMIENTOS							TRATAMIENTOS						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TC	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TC
1	2	2	3	2	1	4	4	4	4	2	2	2	3	2
2	4	2	3	4	5	2	2	2	2	4	4	4	4	2
3	4	2	2	2	2	4	5	2	2	2	4	5	4	4
4	2	2	2	2	2	4	5	4	5	5	4	4	4	2
5	2	1	1	2	1	4	4	4	2	2	5	3	4	4
6	3	2	2	2	1	4	4	5	5	5	5	5	4	4
7	3	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	3	2	4
8	4	4	3	2	2	4	5	4	5	5	4	4	4	4
9	2	1	3	4	3	3	4	3	2	2	4	4	1	2
10	1	2	3	2	1	3	3	4	2	2	2	3	1	2
11	2	2	3	1	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
12	3	2	1	1	1	3	4	4	2	4	5	5	4	4
13	4	1	2	1	1	3	3	2	4	4	5	4	2	3
14	2	2	1	1	1	3	3	1	3	2	2	3	4	4
15	2	2	3	4	4	3	3	5	4	5	4	4	2	1
16	4	2	3	4	1	2	5	5	4	4	4	4	5	4
17	2	3	3	2	1	4	4	4	4	2	2	4	4	4
18	2	2	2	2	2	4	4	4	5	4	5	4	2	3
19	4	4	4	4	5	2	3	4	2	4	4	4	2	2
20	4	4	4	2	5	3	3	4	4	4	4	4	2	2
21	4	4	4	4	3	1	1	4	4	2	4	2	5	5
22	4	2	4	2	5	4	5	4	4	4	4	5	2	4
23	2	2	2	2	1	4	4	3	2	3	2	3	4	4
24	1	1	1	1	1	5	5	2	5	2	2	3	1	5
25	2	2	2	1	1	4	4	2	4	4	2	4	4	5
26	3	2	2	2	1	4	3	2	4	4	4	4	2	2
27	4	2	3	1	2	4	4	3	4	4	4	4	4	4
28	2	3	2	2	1	4	4	4	4	3	3	2	2	2
29	1	2	2	3	3	4	4	4	3	4	2	4	4	2
30	2	2	1	1	1	4	3	2	3	1	4	1	2	3

**ANEXO 14: DATOS INDIVIDUALES DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL
RESPECTO AL SABOR Y DUREZA**

PANELISTA N°	SABOR							DUREZA						
	TRATAMIENTOS							TRATAMIENTOS						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TC	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TC
1	3	3	4	4	3	4	5	2	2	2	3	3	2	2
2	2	3	3	4	4	4	5	4	2	1	2	3	5	3
3	4	4	4	4	4	4	5	2	2	2	2	1	3	3
4	3	3	4	3	4	4	5	3	2	4	2	3	3	3
5	4	4	4	2	2	5	5	2	3	2	3	3	3	2
6	3	2	2	3	2	4	4	2	2	3	3	3	3	2
7	4	2	2	4	4	4	4	2	2	2	3	2	3	1
8	3	3	4	3	4	3	3	2	3	3	2	4	2	3
9	3	3	4	4	3	2	4	2	2	3	3	3	2	4
10	2	4	4	5	4	5	5	2	2	1	4	1	2	5
11	4	3	3	4	2	5	4	2	3	4	2	4	3	2
12	4	4	3	4	2	4	5	3	3	3	3	4	2	3
13	3	4	4	2	4	3	3	3	2	2	2	4	3	2
14	3	2	4	3	4	4	5	4	3	3	3	3	4	2
15	3	2	4	4	2	3	3	3	3	3	2	4	3	3
16	4	4	4	5	3	5	5	3	3	1	2	3	1	2
17	3	2	4	3	2	4	5	1	2	2	3	4	3	3
18	2	2	3	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	2
19	4	4	4	2	2	4	4	4	3	4	4	2	4	2
20	3	3	3	3	4	4	4	3	2	3	2	3	2	3
21	4	4	4	4	3	5	4	3	2	2	2	3	1	1
22	3	3	2	4	2	4	3	3	2	4	2	4	3	4
23	4	4	5	4	5	4	4	2	2	2	2	3	3	3
24	3	3	4	4	2	5	5	1	4	2	1	4	3	1
25	2	3	3	4	4	4	4	3	2	3	2	3	4	3
26	4	3	3	3	3	4	4	3	3	2	3	2	3	3
27	4	4	3	4	4	5	4	2	2	3	3	4	3	3
28	4	4	5	4	5	5	5	2	2	4	1	2	2	1
29	4	4	4	4	5	4	5	3	3	3	1	2	2	2
30	4	4	4	3	3	5	3	2	3	4	1	3	2	2

**ANEXO 15: DATOS INDIVIDUALES DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL
RESPECTO A LA GOMOSIDAD DE LA MIGA Y LA APARIENCIA GENERAL**

PANELISTA N°	GOMOSIDAD DE LA MIGA							APARIENCIA GENERAL						
	TRATAMIENTOS							TRATAMIENTOS						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TC	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TC
1	4	4	3	5	4	4	4	4	4	3	4	5	5	
2	4	2	4	2	2	4	2	2	4	4	4	2	5	
3	4	1	3	3	1	4	4	5	4	2	4	3	5	
4	2	2	2	1	2	3	3	4	3	4	2	4	5	
5	2	2	3	2	3	3	2	3	2	4	4	3	5	
6	3	3	4	2	3	1	1	4	2	4	2	2	5	
7	1	1	1	1	2	1	2	4	2	4	3	4	5	
8	3	1	3	2	4	3	2	3	2	3	3	4	5	
9	1	1	2	3	1	2	4	3	1	2	2	1	4	
10	2	1	3	2	1	3	4	4	4	4	4	2	4	
11	4	4	4	4	1	5	5	4	5	2	2	4	5	
12	2	2	2	1	2	2	2	3	1	3	2	2	5	
13	3	2	1	2	2	4	4	2	3	4	1	2	3	
14	5	1	4	1	1	4	3	4	2	3	2	3	5	
15	4	1	3	3	1	2	5	4	2	3	2	2	5	
16	3	1	2	1	4	3	4	2	4	4	4	3	5	
17	2	2	2	1	2	2	3	4	2	3	4	3	4	
18	1	2	2	2	1	2	4	2	3	2	1	2	4	
19	3	3	3	2	4	2	4	4	3	4	4	3	5	
20	4	3	4	3	4	4	4	2	3	3	3	2	5	
21	3	1	3	1	1	4	4	4	4	4	4	4	5	
22	3	1	1	1	1	4	4	4	3	3	5	4	4	
23	2	2	2	2	1	4	4	3	3	4	2	3	4	
24	2	5	1	2	1	3	5	3	3	4	2	2	4	
25	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	4	3	4	
26	4	4	2	2	3	3	4	4	3	4	4	4	5	
27	2	3	3	3	3	2	2	4	3	4	2	2	4	
28	1	4	3	2	3	3	2	4	4	3	4	2	5	
29	2	3	3	2	2	3	2	3	4	4	3	2	5	
30	5	4	3	2	4	3	4	2	3	3	4	4	5	

ANEXO 16: DETERMINACIÓN DEL ESCORE QUÍMICO DE LAS MEZCLAS

Tratamientos	HQ	HC	HT	Lisina	Met. + Cist.	Treonina	Triptófano	Fenil + Tiros	Isoleucina	leusina	Valina
T1	20 %	5 %	75 %	0.6455	0.7091	0.98246	1.01688	0.82061	1.677	1.109	1.21885
T2	20 %	10 %	70 %	0.6659	0.7139	0.99002	0.93055	0.84975	1.644	1.089	1.23547
T3	17.50 %	6.25 %	76.25 %	0.6259	0.7034	0.97086	0.99096	0.8342	1.637	1.107	1.23256
T4	17.50 %	8.75 %	73.75 %	0.6466	0.7060	0.97495	0.9475	0.84877	1.621	1.097	1.24075
T5	20 %	7.50 %	72.50 %	0.6559	0.7115	0.98632	0.97284	0.83547	1.66	1.099	1.22733
T6	0 %	0 %	100 %	0.3960	0.6410	0.85094	1.08696	0.84074	1.429	1.165	1.28425

ANEXO 17: DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LAS MEZCLAS

Tratamientos	HQ	HC	HT	% DIGESTIBILIDAD PARA LAS MEZCLAS (D)	DIGESTIBILIDAD PARA LAS MEZCLAS (D)
T1	0.2	0.05	0.75	92.345 %	0.92345
T2	0.2	0.1	0.7	91.49 %	0.9149
T3	0.175	0.0625	0.7625	92.48125 %	0.9248125
T4	0.175	0.0875	0.7375	92.05375 %	0.9205375
T5	0.2	0.075	0.725	91.9175 %	0.919175
T6	0	0	1	96 %	0.96

**ANEXO 18: DETERMINACIÓN DEL PUNTAJE DE AMINOÁCIDOS CORREGIDO
POR DIGESTIBILIDAD (PDCAAS) DE LAZ MEZCLAS**

Tratamientos	QC	D	PDCAAS
T1	0.64551494	0.92345	0.59610077
T2	0.66588011	0.9149	0.60921372
T3	0.62585975	0.9248125	0.57880292
T4	0.6366305	0.9205375	0.58604225
T5	0.65590227	0.919175	0.60288897
T6	0.39600551	0.96	0.38016529

ANEXO 19: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÉL % DE PROTEÍNA

ANOVA para las proteínas

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	66.23	5	13.25	1391.46	3.8E-16	3.11
Error	0.11	12	0.01			
Total	66.34	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6	3	9.95333	X
T3	3	13.84	X
T4	3	14.04	XX
T1	3	14.2233	X
T5	3	15.4	X
T2	3	15.93	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	-1.70667	0.267034
T1 - T3	*	0.383333	0.267034
T1 - T4		0.183333	0.267034
T1 - T5	*	-1.17667	0.267034
T1 - T6	*	4.27	0.267034
T2 - T3	*	2.09	0.267034
T2 - T4	*	1.89	0.267034
T2 - T5	*	0.53	0.267034
T2 - T6	*	5.97667	0.267034
T3 - T4		-0.2	0.267034
T3 - T5	*	-1.56	0.267034
T3 - T6	*	3.88667	0.267034
T4 - T5	*	-1.36	0.267034
T4 - T6	*	4.08667	0.267034
T5 - T6	*	5.44667	0.267034

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 20: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÉL % DE CARBOHIDRATOS

ANOVA para el carbohidrato

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	456.8075	5	91.3615	753.7169	1.5E-14	3.1059
Error	1.4546	12	0.1212			
Total	458.2621	17				

Método: 95.0 Porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6	3	72.141	X
T3	3	63.906	X
T4	3	62.501	X
T1	3	62.357	X
T5	3	58.667	X
T2	3	55.523	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	-6.833	1.726
T1 - T3	*	1.549	1.726
T1 - T4		0.145	1.726
T1 - T5	*	-3.689	1.726
T1 - T6	*	9.785	1.726
T2 - T3	*	8.382	1.726
T2 - T4	*	6.978	1.726
T2 - T5	*	3.144	1.726
T2 - T6	*	16.618	1.706
T3 - T4	*	-1.405	1.726
T3 - T5	*	-5.239	1.726
T3 - T6	*	8.235	1.726
T4 - T5	*	-3.834	1.726
T4 - T6	*	9.64	1.726
T5 - T6	*	13.474	1.726

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 21: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL % DE LÍPIDOS

ANOVA para los lípidos

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	2.658804	5	0.53176	326.522	2.2E-12	3.1059
Error	0.019542	12	0.001628			
Total	2.678346	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	10.166	X
T4	3	9.762	X
T3	3	9.579	X
T5	3	9.439	X
T1	3	9.249	X
T6	3	8.947	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	0.9164	0.2213
T1 - T3	*	0.3295	0.2214
T1 - T4	*	0.5122	0.2214
T1 - T5	*	0.1905	0.2214
T1 - T6	*	-0.302	0.2214
T2 - T3	*	-0.5869	0.2214
T2 - T4	*	-0.4042	0.2214
T2 - T5	*	-0.7258	0.2214
T2 - T6	*	-1.2184	0.2214
T3 - T4	*	0.1827	0.2214
T3 - T5	*	-0.139	0.2214
T3 - T6	*	-0.6315	0.2214
T4 - T5	*	-0.3117	0.2214
T4 - T6	*	-0.8142	0.2214
T5 - T6	*	-0.4925	0.2214

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 22: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL % DE CENIZA

ANOVA para la ceniza

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	0.961535	5	0.192307	1606.54	1.6E-16	3.1059
Error	0.001436	12	0.000120			
Total	0.962972	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T5	3	3.49405	X
T3	3	3.38413	X
T2	3	3.40962	X
T4	3	3.30986	X
T1	3	3.1739	X
T6	3	2.824	X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T1 - T2	*	0.2357	0.060010
T1 - T3	*	0.30055	0.060010
T1 - T4	*	0.13595	0.060010
T1 - T5	*	0.32013	0.060010
T1 - T6	*	-0.34992	0.060010
T2 - T3		0.06485	0.060010
T2 - T4	*	-0.09975	0.060010
T2 - T5	*	0.08443	0.060010
T2 - T6	*	-0.58562	0.060010
T3 - T4	*	-0.1646	0.060010
T3 - T5	*	0.01958	0.060000
T3 - T6	*	-0.65047	0.060010
T4 - T5	*	0.18418	0.060010
T4 - T6	*	-0.48587	0.060010
T5 - T6	*	-0.67005	0.060010

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 23: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL % DE FIBRA

ANOVA para la fibra

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	474.9276	5	94.98552	959.018	3.5E-15	3.1059
Error	1.188534	12	0.099045			
Total	476.1161	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	14.9970	X
T5	3	12.9970	X
T1	3	11.0000	X
T4	3	10.4150	X
T3	3	9.1320	X
T6	3	6.1320	X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T1 - T2	*	3.9967	0.4622
T1 - T3	*	-1.868	0.4622
T1 - T4	*	-0.5853	0.4622
T1 - T5	*	1.997	0.4622
T1 - T6	*	-4.8681	0.4622
T2 - T3	*	-5.8647	0.4622
T2 - T4	*	-4.582	0.4622
T2 - T5	*	-1.9997	0.4622
T2 - T6	*	-8.8648	0.4622
T3 - T4	*	1.2827	0.4622
T3 - T5	*	3.865	0.4622
T3 - T6	*	-3.0001	0.4622
T4 - T5	*	2.5823	0.4622
T4 - T6	*	-4.2828	0.4622
T5 - T6	*	-6.8651	0.4622

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 24: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÉL % DE ACIDEZ

ANOVA para acidez

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	0.000216	5	4.313E-05	47.5110	1.7E-07	3.1059
Error	1.089E-05	12	9.078E-07			
Total	0.0002265	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6 3	0.0053	X
T4 3	0.00813333	X
T2 3	0.0085	X
T3 3	0.0089	X
T5 3	0.0093	X
T1 3	0.0166	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	0.0081	0.00261258
T1 - T3	*	0.0077	0.00261258
T1 - T4	*	0.00846667	0.00261258
T1 - T5	*	0.0073	0.00261258
T1 - T6	*	0.0113	0.00261258
T2 - T3		-0.0004	0.00261258
T2 - T4		0.000366667	0.00261258
T2 - T5		-0.0008	0.00261258
T2 - T6	*	0.0032	0.00261258
T3 - T4		0.000766667	0.00261258
T3 - T5		-0.0004	0.00261258
T3 - T6	*	0.0036	0.00261258
T4 - T5		-0.00116667	0.00261258
T4 - T6	*	0.00283333	0.00261258
T5 - T6	*	0.004	0.00261258

* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 25: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÉL PH
ANOVA PARA pH**

ANOVA para el pH

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	0.02036	5	0.00407	515.836	1.4E-13	3.1059
Error	9.5E-05	12	7.9E-06	9.5E-05		
Total	0.02045	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	5.95967	X
T4	3	5.99533	X
T5	3	6.0081	X
T1	3	6.01467	X
T3	3	6.03933	X
T6	3	6.067	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	0.055	0.00770652
T1 - T3	*	-0.0246667	0.00770652
T1 - T4	*	0.0193333	0.00770652
T1 - T5		0.00656667	0.00770652
T1 - T6	*	-0.0523333	0.00770652
T2 - T3	*	-0.0796667	0.00770652
T2 - T4	*	-0.0356667	0.00770652
T2 - T5	*	-0.0484333	0.00770652
T2 - T6	*	-0.107333	0.00770652
T3 - T4	*	0.044	0.00770652
T3 - T5	*	0.0312333	0.00770652
T3 - T6	*	-0.0276667	0.00770652
T4 - T5	*	-0.0127667	0.00770652
T4 - T6	*	-0.0716667	0.00770652
T5 - T6	*	-0.0589	0.00770652

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 26: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL VOLUMEN

ANOVA para el volumen

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	132189.3	5	26437.9	56.1	6.6E-08	3.1
Error	5656.7	12	471.4			
Total	137846.0	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	2247.33	X
T5	3	2271.33	XX
T4	3	2310.0	XX
T1	3	2344.67	X
T3	3	2346.0	X
T6	3	2512.67	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	97.3333	59.5528
T1 - T3		-1.33333	59.5528
T1 - T4		34.6667	59.5528
T1 - T5	*	73.3333	59.5528
T1 - T6	*	-168.0	59.5528
T2 - T3	*	-98.6667	59.5528
T2 - T4	*	-62.6667	59.5528
T2 - T5		-24.0	59.5528
T2 - T6	*	-265.333	59.5528
T3 - T4		36.0	59.5528
T3 - T5	*	74.6667	59.5528
T3 - T6	*	-166.667	59.5528
T4 - T5		38.6667	59.5528
T4 - T6	*	-202.667	59.5528
T5 - T6	*	-241.333	59.5528

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 27: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA LA DUREZA

ANOVA para la dureza

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	186445.3	5	37289.07	54.23	8.0E-08	3.106
Error	8250.7	12	687.56			
Total	194696.0	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6	3	249.333	X
T4	3	459.667	X
T5	3	466.0	XX
T1	3	475.333	XX
T2	3	534.0	XX
T3	3	569.667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2		-58.6667	71.9228
T1 - T3	*	-94.3333	71.9228
T1 - T4		15.6667	71.9228
T1 - T5		9.33333	71.9228
T1 - T6	*	226.0	71.9228
T2 - T3		-35.6667	71.9228
T2 - T4	*	74.3333	71.9228
T2 - T5		68.0	71.9228
T2 - T6	*	284.667	71.9228
T3 - T4	*	110.0	71.9228
T3 - T5	*	103.667	71.9228
T3 - T6	*	320.333	71.9228
T4 - T5		-6.33333	71.9228
T4 - T6	*	210.333	71.9228
T5 - T6	*	216.667	71.9228

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 28: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA LA ELASTICIDAD

ANOVA para la elasticidad

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	27.21	5	5.442	149.270	0.000	3.106
Error	0.44	12	0.036			
Total	27.65	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T5	3	3.75667	X
T4	3	3.86	X
T6	3	4.12	X
T3	3	5.96	X
T2	3	6.1	X
T1	3	6.84	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	0.74	0.523715
T1 - T3	*	0.88	0.523715
T1 - T4	*	2.98	0.523715
T1 - T5	*	3.08333	0.523715
T1 - T6	*	2.72	0.523715
T2 - T3		0.14	0.523715
T2 - T4	*	2.24	0.523715
T2 - T5	*	2.34333	0.523715
T2 - T6	*	1.98	0.523715
T3 - T4	*	2.1	0.523715
T3 - T5	*	2.20333	0.523715
T3 - T6	*	1.84	0.523715
T4 - T5		0.103333	0.523715
T4 - T6		-0.26	0.523715
T5 - T6		-0.363333	0.523715

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 29: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA LA HUMEDAD

ANOVA para la humedad

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	34.94	5	6.99	69.41	2.0E-08	3.11
Error	1.21	12	0.10			
Total	36.15	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	3	28.55	X
T3	3	30.7733	X
T4	3	31.02	X
T5	3	30.903	X
T2	3	32.5667	X
T6	3	32.75	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	-4.01667	0.453757
T1 - T3	*	-2.22333	0.453757
T1 - T4	*	-2.47	0.453757
T1 - T5	*	-2.94667	0.453757
T1 - T6	*	-4.2	0.453757
T2 - T3	*	1.79333	0.453757
T2 - T4	*	1.54667	0.453757
T2 - T5	*	1.07	0.453757
T2 - T6		-0.183333	0.453757
T3 - T4		-0.246667	0.453757
T3 - T5		-0.723333	0.453757
T3 - T6	*	-1.97667	0.453757
T4 - T5		-0.476667	0.453757
T4 - T6	*	-1.73	0.453757
T5 - T6	*	-1.25333	0.453757

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 30: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL NUMERO DE ALVEolos

ANOVA para de número de alveolos

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	1318768	5	263753.69	92.36	3.7E-09	3.11
Error	34270	12	2855.83			
Total	1353038	17				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6	3	263.0	X
T1	3	688.0	X
T2	3	850.333	X
T5	3	905.333	X X
T3	3	997.0	X X
T4	3	1093.67	X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T1 - T2	*	-162.333	146.582
T1 - T3	*	-309.0	146.582
T1 - T4	*	-405.667	146.582
T1 - T5	*	-217.333	146.582
T1 - T6	*	425.0	146.582
T2 - T3	*	-146.667	146.582
T2 - T4	*	-243.333	146.582
T2 - T5		-55.0	146.582
T2 - T6	*	587.333	146.582
T3 - T4		-96.6667	146.582
T3 - T5		91.6667	146.582
T3 - T6	*	734.0	146.582
T4 - T5	*	188.333	146.582
T4 - T6	*	830.667	146.582
T5 - T6	*	642.333	146.582

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 31: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL PESO FINAL

ANOVA para el peso final

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F_{cal}	$p\text{-value}$	F_{crit}
Tratamiento	2143.11	5	428.62	24.97	5.9E-06	3.106
Error	206.00	12	17.17			
Total	2349.11	17				

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6	3	679.667	X
T1	3	702.0	X
T4	3	704.333	X X
T3	3	708.0	X X X
T5	3	710.0	X X
T2	3	712.667	X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T1 - T2	*	-10.6667	7.37086
T1 - T3		-6.0	7.37086
T1 - T4		-2.33333	7.37086
T1 - T5	*	-8.0	7.37086
T1 - T6	*	22.3333	7.37086
T2 - T3		4.66667	7.37086
T2 - T4	*	8.33333	7.37086
T2 - T5		2.66667	7.37086
T2 - T6	*	33.0	7.37086
T3 - T4		3.66667	7.37086
T3 - T5		-2.0	7.37086
T3 - T6	*	28.3333	7.37086
T4 - T5		-5.66667	7.37086
T4 - T6	*	24.6667	7.37086
T5 - T6	*	30.3333	7.37086

* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 32: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL COLOR PAR
LOS VALORES DE L* A*B* PARA LA CORTEZA DE LOS PANES**

ANOVA para la escala L*

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	1191.5937	5	238.31873	4.41732	0.00392	2.5336
Error	1618.5284	30	53.950948			
Total	2810.1221	35				

ANOVA para la escala a*

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	66.189647	5	13.237929	2.16472	0.08471	2.53356
Error	183.45952	30	6.1153172			
Total	249.64916	35				

ANOVA para la escala b*

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	254.1304	5	50.82608	2.33008	0.06684	2.5336
Error	654.3916	30	21.813053			
Total	908.522	35				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD L*

Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6	6	58.9 X
T3	6	47.53 X X
T5	6	47.27 X X
T4	6	45.55 X
T2	6	42.39 X
T1	6	41.23 X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T1 - T2		1.16	25.79
T1 - T3		6.3	25.79
T1 - T4		4.33	25.79
T1 - T5		6.04	25.79
T1 - T6	*	17.68	25.79
T2 - T3		5.14	25.79
T2 - T4		3.16	25.79
T2 - T5		4.88	25.79
T2 - T6	*	16.51	25.79
T3 - T4		-1.98	25.79
T3 - T5		-0.26	25.79
T3 - T6		11.37	25.79
T4 - T5		1.72	25.79
T4 - T6	*	13.35	25.79
T5 - T6		11.63	25.79

* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 33: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL COLOR PAR
LOS VALORES DE L*a*b* PARA LA MIGA DE LOS PANES**

ANOVA para la escala L*

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	1796.837	5	359.3675	15.4487	1.6E-07	2.5336
Error	697.861	30	23.26202			
Total	2494.698	35				

ANOVA para la escala a*

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	29.30930	5	5.861860	164.510	7.4E-21	2.53356
Error	1.06897	30	0.035632			
Total	30.3783	35				

ANOVA para la escala b*

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	4.326392	5	0.8652783	2.59675	0.04571	2.5336
Error	9.99648	30	0.333216			
Total	14.32288	35				

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD L*

Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6	6	77.42 X
T1	6	65.992 X
T4	6	64.918 X
T5	6	63.572 X
T2	6	62.498 X
T3	6	53.3 X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T1 - T2		-3.49	16.93
T1 - T3	*	-12.69	16.93
T1 - T4		-1.07	16.93
T1 - T5		-2.42	16.93
T1 - T6	*	-11.43	16.93
T2 - T3	*	-9.2	16.93
T2 - T4		2.42	16.93
T2 - T5		1.07	16.93
T2 - T6	*	14.92	16.93
T3 - T4	*	11.62	16.93
T3 - T5	*	10.27	16.93
T3 - T6	*	24.12	16.93
T4 - T5		-1.35	16.93
T4 - T6	*	12.5	16.93
T5 - T6	*	13.85	16.93

* indica una diferencia significativa.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD a*

Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	6	2.15 X
T4	6	2.0367 X X
T5	6	2.0133 X X
T3	6	1.735 X X
T1	6	1.5483 X
T6	6	-0.463 X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T1 - T2	*	0.602	0.66
T1 - T3		0.187	0.66
T1 - T4	*	0.488	0.66
T1 - T5	*	0.465	0.66
T1 - T6	*	-2.011	0.66
T2 - T3	*	-0.415	0.66
T2 - T4		-0.113	0.66
T2 - T5		-0.137	0.66
T2 - T6	*	-2.613	0.66
T3 - T4		0.302	0.66
T3 - T5		0.278	0.66
T3 - T6	*	-2.198	0.66
T4 - T5		-0.023	0.66
T4 - T6	*	-2.5	0.66
T5 - T6	*	-2.476	0.66

* indica una diferencia significativa.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD b*

Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	6	15.053 X
T3	6	14.7 X X
T5	6	17.4283 X X
T6	6	14.247 X X
T4	6	14.247 X X
T2	6	13.99 X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T1 - T2	*	-1.063	2.027
T1 - T3		-0.353	2.027
T1 - T4		-0.807	2.027
T1 - T5		-0.625	2.026
T1 - T6		-0.807	2.027
T2 - T3		0.71	2.026
T2 - T4		0.257	2.027
T2 - T5		0.438	2.027
T2 - T6		0.257	2.027
T3 - T4		-0.453	2.027
T3 - T5		-0.272	2.027
T3 - T6		-0.453	2.027
T4 - T5		0.182	2.027
T4 - T6		0	2.026
T5 - T6		-0.182	2.027

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 34: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL COLOR

Anova para el color

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	$p\text{-value}$	F_{crit}
Tratamiento	74.924	6	12.4873	10.7094	2.5E-10	2.1435
Error	236.7	203	1.16601			
Total	311.62	209				

Método: 95.0 porcentaje Dunnett

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TC (control)	30	3.8	X
T6	30	3.5	X
T1	30	2.7	
T3	30	2.5	
T2	30	2.267	
T5	30	2.233	
T4	30	2.233	

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
TC-T1	*	-1.1	1.444
TC-T2	*	-1.533	1.444
TC-T3	*	-1.3	1.444
TC-T4	*	-1.567	1.444
TC-T5	*	-1.537	1.444
TC-T6		-0.3	1.444

* indica una diferencia significativa

ANEXO 35: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL OLOR

Anova para el olor

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	7.29524	6	1.21587	0.96365	0.45096	2.1435
Error	256.13333	203	1.261741			
Total	263.42857	209				

ANEXO 36: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL SABOR

Anova para el sabor

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	31.98095	6	5.330159	8.36831	4E-08	2.143453
Error	129.3	203	0.636946			
Total	161.2810	209				

Método: 95.0 porcentaje Dunnett

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TC (control)	30	4.267	X
T6	30	4.133	X
T3	30	3.6	
T4	30	3.567	
T1	30	3.333	
T5	30	3.233	
T2	30	3.233	

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
TC-T1	*	-0.933	1.067
TC-T2	*	-1.033	1.067
TC-T3	*	-0.667	1.067
TC-T4	*	-0.7	1.066
TC-T5	*	-1.033	1.067
TC-T6		-0.133	1.067

* indica una diferencia significativa

ANEXO 37: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EL DUREZA

Anova para la dureza

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	8.047619	6	1.34127	1.945768	0.0751	2.143453
Error	139.9333	203	0.68933			
Total	147.9809	209				

ANEXO 38: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA LA GOMOSIDAD

Anova para la gomosidad

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F_{cal}	p -value	F_{crit}
Tratamiento	38.4286	6	6.404762	5.561813	2.E-05	2.143452
Error	233.7667	203	1.15156			
Total	272.1952	209				

Método: 95.0 porcentaje Dunnett

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TC (control)	30	3.333	X
T6	30	3	X
T1	30	2.867	X
T3	30	2.5	
T2	30	2.267	
T5	30	2.2	
T4	30	2.067	

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
TC-T1		-0.567	1.435
TC-T2	*	-1.067	1.435
TC-T3	*	-0.733	1.435
TC-T4	*	-1.267	1.435
TC-T5	*	-1.133	1.435
TC-T6		-0.333	1.435

* indica una diferencia significativa

ANEXO 39: ANOVA Y PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA LA APARIENCIA GENERAL

Anova para la apariencia general

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F _{cal}	p-value	F _{crit}
Tratamiento	64.6	5	12.92	16.6278	2.E-13	2.266062
Error	135.2	174	0.7770			
Total	199.8	179				

Método: 95.0 porcentaje Dunnett

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6 (control)	30	4.6333	X
T3	30	3.367	
T1	30	3.367	
T4	30	3.033	
T2	30	2.933	
T5	30	2.867	

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
T6-T1	*	-1.267	1.154
T6-T2	*	-1.7	1.154
T6-T3	*	-1.267	1.154
T6-T4	*	-1.6	1.154
T6-T5	*	-1.767	1.154

* indica una diferencia significativa

ANEXO 40: INFORMES DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS PROXIMAL A LOS PANES

Facultad de Industrias Alimentarias Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos

INFORME DE ENSAYOS Nº. 10-09-14

Producto : Pan Tipo Molde Enriquecido con Harina de Quinoa y Chía
Marca : s/m
Identificación de muestra : T1
Número de muestras : 01
Cantidad recibida : 300g aprox. de muestra proporcionada por el solicitante
Forma de presentación : 01 bolsa de plástico por muestra
Fecha de recepción : 08/09/2014
Ensayo solicitado : Determinación de Humedad, Ceniza, Grasa, Fibra, Proteína, carbohidratos

Resultados:

Nº de muestras	Ensayos	Resultados base húmeda	Resultados base seca
• T1	Determinación de Humedad	28.55%	
	Determinación de Ceniza	2.27%	3.17%
	Determinación de Grasa	6.61%	9.25%
	Determinación de Fibra	7.86%	11%
	Determinación de Proteína	10.16%	14.22%
	Carbohidratos	44.55%	62.36%

Métodos utilizados en el laboratorio:

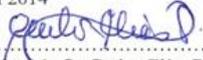
1. Determinación de Humedad según el método AOAC 931.04
2. Determinación de Ceniza según el método AOAC 923.03
3. Determinación de Grasa cruda según el método AOAC 920.39.
4. Determinación de Fibra según el método AOAC 969.09
5. Determinación de proteína según el método AOAC 920.87
6. Determinación de Carbohidratos por diferencia según Collazos

Advertencia:

- El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos -FIAL-UNALM son de responsabilidad del solicitante
 - Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida

Fecha de realización de los ensayos: del 09/09/14 al 24/09/14

La Molina, 24 de septiembre del 2014



 Ing. Mg Sc Carlos Elias Peñañiel
 Jefe del Laboratorio de Análisis
 Físico-Químico de Alimentos
 FIAL-UNALM



**Facultad de Industrias Alimentarias
Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos**

INFORME DE ENSAYOS

N°. 10-09-14

Producto : Pan Tipo Molde Enriquecido con Harina de Quinua y Chía
Marca : s/m
Identificación de muestra : T2
Número de muestras : 01
Cantidad recibida : 300g aprox. de muestra proporcionada por el solicitante
Forma de presentación : 01 bolsa de plástico por muestra
Fecha de recepción : 08/09/2014
Ensayo solicitado : Determinación de Humedad, Ceniza, Grasa, Fibra, Proteína, carbohidratos

Resultados:

N° de muestras	Ensayos	Resultados base húmeda	Resultados base seca
• T2	Determinación de Humedad	32.57%	
	Determinación de Ceniza	2.28%	3.38%
	Determinación de Grasa	6.85%	10.17%
	Determinación de Fibra	10.11%	15%
	Determinación de Proteína	10.74%	15.93%
	Carbohidratos	37.44%	63.91%

Métodos utilizados en el laboratorio:

1. Determinación de Humedad según el método AOAC 931.04
2. Determinación de Ceniza según el método AOAC 923.03
3. Determinación de Grasa cruda según el método AOAC 920.39.
4. Determinación de Fibra según el método AOAC 969.09
5. Determinación de proteína según el método AOAC 920.87
6. Determinación de Carbohidratos por diferencia según Collazos

Advertencia:

- El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos -FIAL-UNALM son de responsabilidad del solicitante
- Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida

Fecha de realización de los ensayos: del 09/09/14 al 24/09/14

La Molina, 24 de septiembre del 2014



 Ing. Mg Sc Carlos Elías Peñafiel
Jefe del Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos
FIAL-UNALM



**Facultad de Industrias Alimentarias
Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos**

INFORME DE ENSAYOS

N°. 10-09-14

Producto : Pan Tipo Molde Enriquecido con Harina de Quinua y Chía
Marca : s/m
Identificación de muestra : T3
Número de muestras : 01
Cantidad recibida : 300g aprox. de muestra proporcionada por el solicitante
Forma de presentación : 01 bolsa de plástico por muestra
Fecha de recepción : 08/09/2014
Ensayo solicitado : Determinación de Humedad, Ceniza, Grasa, Fibra, Proteína, carbohidratos

Resultados:

N° de muestras	Ensayos	Resultados base húmeda	Resultados base seca
• T3	Determinación de Humedad	30.77%	
	Determinación de Ceniza	2.45%	3.54%
	Determinación de Grasa	6.63%	9.58%
	Determinación de Fibra	6.32%	9.13%
	Determinación de Proteína	9.58%	13.48%
	Carbohidratos	44.24%	63.91%

Métodos utilizados en el laboratorio:

1. Determinación de Humedad según el método AOAC 931.04
2. Determinación de Ceniza según el método AOAC 923.03
3. Determinación de Grasa cruda según el método AOAC 920.39.
4. Determinación de Fibra según el método AOAC 969.09
5. Determinación de proteína según el método AOAC 920.87
6. Determinación de Carbohidratos por diferencia según Collazos

Advertencia:

- El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos -FIAL-UNALM son de responsabilidad del solicitante
 - Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida

Fecha de realización de los ensayos: del 09/09/14 al 24/09/14

La Molina, 24 de septiembre del 2014

.....
 Ing. Mg Sc Carlos Elías Peñafiel
 Jefe del Laboratorio de Análisis
 Físico-Químico de Alimentos
 FIAL-UNALM



**Facultad de Industrias Alimentarias
Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos**

INFORME DE ENSAYOS

N°. 10-09-14

Producto : Pan Tipo Molde Enriquecido con Harina de Quinoa y Chía
Marca : s/m
Identificación de muestra : T4
Número de muestras : 01
Cantidad recibida : 300g aprox. de muestra proporcionada por el solicitante
Forma de presentación : 01 bolsa de plástico por muestra
Fecha de recepción : 08/09/2014
Ensayo solicitado : Determinación de Humedad, Ceniza, Grasa, Fibra, Proteína, carbohidratos

Resultados:

Nº de muestras	Ensayos	Resultados base húmeda	Resultados base seca
• T4	Determinación de Humedad	30.90%	
	Determinación de Ceniza	2.27%	3.28%
	Determinación de Grasa	6.75%	9.76%
	Determinación de Fibra	7.20%	10.41%
	Determinación de Proteína	9.70%	14.04%
	Carbohidratos	43.19%	62.50%

Métodos utilizados en el laboratorio:

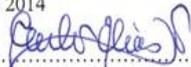
1. Determinación de Humedad según el método AOAC 931.04
2. Determinación de Ceniza según el método AOAC 923.03
3. Determinación de Grasa cruda según el método AOAC 920.39.
4. Determinación de Fibra según el método AOAC 969.09
5. Determinación de proteína según el método AOAC 920.87
6. Determinación de Carbohidratos por diferencia según Collazos

Advertencia:

- El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos -FIAL-UNALM son de responsabilidad del solicitante
- Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida

Fecha de realización de los ensayos: 09/09/14 al 24/09/14

La Molina, 24 de septiembre del 2014



 Ing. Mg Sc Carlos Elías Peñafiel
Jefe del Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos FIAL-UNALM



**Facultad de Industrias Alimentarias
Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos**

INFORME DE ENSAYOS

Nº. 10-09-14

Producto : Pan Tipo Molde Enriquecido con Harina de Quinua y Chía
Marca : s/m
Identificación de muestra : T5
Número de muestras : 01
Cantidad recibida : 300g aprox. de muestra proporcionada por el solicitante
Forma de presentación : 01 bolsa de plástico por muestra
Fecha de recepción : 08/09/2014
Ensayo solicitado : Determinación de Humedad, Ceniza, Grasa, Fibra, Proteína, carbohidratos

Resultados:

Nº de muestras	Ensayos	Resultados base húmeda	Resultados base seca
• T5	Determinación de Humedad	31.50%	
	Determinación de Ceniza	2.39%	3.49%
	Determinación de Grasa	6.47%	9.44%
	Determinación de Fibra	8.90%	13%
	Determinación de Proteína	10.55%	15.40%
	Carbohidratos	40.19%	58.67%

Métodos utilizados en el laboratorio:

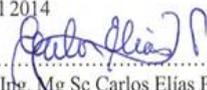
1. Determinación de Humedad según el método AOAC 931.04
2. Determinación de Ceniza según el método AOAC 923.03
3. Determinación de Grasa cruda según el método AOAC 920.39.
4. Determinación de Fibra según el método AOAC 969.09
5. Determinación de proteína según el método AOAC 920.87
6. Determinación de Carbohidratos por diferencia según Collazos

Advertencia:

- El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos -FIAL-UNALM son de responsabilidad del solicitante
 - Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida

Fecha de realización de los ensayos: del 09/09/14 al 24/09/14

La Molina, 24 de septiembre del 2014



 Ing. Mg Sc Carlos Elías Peñafiel
 Jefe del Laboratorio de Análisis
 Físico-Químico de Alimentos
 FIAL-UNALM



**Facultad de Industrias Alimentarias
Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos**

INFORME DE ENSAYOS

Nº. 10-09-14

Producto : Pan Tipo Molde
Marca : s/m
Identificación de muestra : T6
Número de muestras : 01
Cantidad recibida : 300g aprox. de muestra proporcionada por el solicitante
Forma de presentación : 01 bolsa de plástico por muestra
Fecha de recepción : 08/09/2014
Ensayo solicitado : Determinación de Humedad, Ceniza, Grasa, Fibra, Proteína, carbohidratos

Resultados:

Nº de muestras	Ensayos	Resultados base húmeda	Resultados base seca
• T6	Determinación de Humedad	32.75%	
	Determinación de Ceniza	1.90%	2.82%
	Determinación de Grasa	6.02%	8.95%
	Determinación de Fibra	4.12%	6.13%
	Determinación de Proteína	6.70%	9.96%
	Carbohidratos	48.51%	72.14%

Métodos utilizados en el laboratorio:

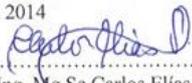
1. Determinación de Humedad según el método AOAC 931.04
2. Determinación de Ceniza según el método AOAC 923.03
3. Determinación de Grasa cruda según el método AOAC 920.39.
4. Determinación de Fibra según el método AOAC 969.09
5. Determinación de proteína según el método AOAC 920.87
6. Determinación de Carbohidratos por diferencia según Collazos

Advertencia:

- El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos -FIAL-UNALM son de responsabilidad del solicitante
- Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida

Fecha de realización de los ensayos: del 09/09/14 al 24/09/14

La Molina, 24 de septiembre del 2014



 Ing. Mg Sc Carlos Elias Peñañiel
Jefe del Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos FIAL-UNALM



ANEXO 41: INFORMES DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS DE TEXTURA A LOS PANES



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

INFORME DE ENSAYO

N° 007-2014 - LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Pan tipo molde enriquecido con harina de quinua y chia
Presentación: Bolsa de polietileno.
Temperatura: 25 °C.
Peso: 400 aprox.

Datos del ensayo

Equipo: QTS 25 (Brookfield)
Tipo de ensayo: TPA
Accesorio: TA10/25.7mm Ø
Fecha de ejecución: 10 de setiembre del 2014
Repeticiones: 3

Resultados

	Muestra			
	T1			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
Hardness (g)	480,00	449,00	497,00	475,33
Cohesiveness	6,63	0,56	0,63	2,61

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones en unidades

Emitido el 18 de setiembre del 2014


M. Sc. Marianela Inga Guevara
Jefa del Laboratorio de Investigación





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
N° 008-2014 - LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Pan tipo molde enriquecido con harina de quinua y chia
Presentación: Bolsa de polietileno.
Temperatura: 25 °C.
Peso: 400 aprox.

Datos del ensayo

Equipo: QTS 25 (Brookfield)
Tipo de ensayo: TPA
Accesorio: TA10/25 7mm Ø
Fecha de ejecución: 10 de setiembre del 2014
Repeticiones: 3

Resultados

	Muestra			
	T2			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
Hardness (g)	512,00	576,00	614,00	567,33
Cohesiveness	0,55	0,57	0,53	0,55

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones en unidades

Emitido el 18 de setiembre del 2014

M. Sc. Mariadelfa Inga Guevara
Jefa del Laboratorio de Investigación





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
N° 009-2014 - LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Pan tipo molde enriquecido con harina de quinua y chia
Presentación: Bolsa de polietileno.
Temperatura: 25 °C.
Peso: 400 aprox.

Datos del ensayo

Equipo: QTS 25 (Brookfield)
Tipo de ensayo: TPA
Accesorio: TA10/25.7mm Ø
Fecha de ejecución: 10 de setiembre del 2014
Repeticiones: 3

Resultados

	Muestra			
	T3			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
Hardness (g)	584,00	547,00	378,00	503,00
Cohesiveness	0,56	0,53	0,75	0,61

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones en unidades

Emitido el 18 de setiembre del 2014


M.Sc. Mariana Inga Guevara
Jefa del Laboratorio de Investigación





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Teléfono 3495647 3495669 /Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
N° 010-2014 - LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Pan tipo molde enriquecido con harina de quinua y chia
Presentación: Bolsa de polietileno.
Temperatura: 25 °C.
Peso: 400 aprox.

Datos del ensayo

Equipo: QTS 25 (Brookfield)
Tipo de ensayo: TPA
Accesorio: TA10/25.7mm Ø
Fecha de ejecución: 10 de setiembre del 2014
Repeticiones: 3

Resultados

	Muestra			
	T4			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
Hardness (g)	477,00	433,00	369,00	426,33
Cohesiveness	16,26	0,60	0,66	5,84

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones en unidades

Emitido el 18 de setiembre del 2014




M. Sc. Mariela Inga Guevara
Jefa del Laboratorio de Investigación



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
N° 011-2014 - LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Pan tipo molde enriquecido con harina de quinua y chia
Presentación: Bolsa de polietileno
Temperatura: 25 °C.
Peso: 400 aprox.

Datos del ensayo

Equipo: QTS 25 (Brookfield)
Tipo de ensayo: TPA
Accesorio: TA10/25.7mm Ø
Fecha de ejecución: 10 de setiembre del 2014
Repeticiones: 3

Resultados

	Muestra			
	T5			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
Hardness (g)	497,00	419,00	442,00	452,67
Cohesiveness	0,63	15,03	0,65	5,44

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones en unidades

Emitido el 18 de setiembre del 2014


M. Sc. Marianela Inga Guevara
Jefa del Laboratorio de Investigación





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Teléfono 3495647 3495669 /Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
N° 012-2014 - LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Pan tipo molde
Presentación: Bolsa de polietileno.
Temperatura: 25 °C.
Peso: 400 aprox.

Datos del ensayo

Equipo: QTS 25 (Brookfield)
Tipo de ensayo: TPA
Accesorio: TA10/25 7mm Ø
Fecha de ejecución: 10 de setiembre del 2014
Repeticiones: 3

Resultados

	Muestra			
	T6			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
Hardness (g)	226,00	269,00	223,00	239,33
Cohesiveness	0,63	22,82	0,69	8,05

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones en unidades

Emitido el 18 de setiembre del 2014


M. Sc. Marianela Inga-Guevara
Jefa del Laboratorio de Investigación



ANEXO 42: INFORMES DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS DE COLOR A LOS PANES



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

INFORME DE ENSAYO

N° 013-2014- LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Pan tipo molde enriquecido
 Peso: 400 g. aproximadamente.
 Presentación: Recipiente de material plástico.
 Temperatura: 25°C.

Datos del ensayo

Equipo: Colorímetro Kónica Minolta CR400
 Tipo de ensayo: Color
 Fecha de ejecución: 11 de setiembre del 2014
 Repeticiones: 6

Resultados

Corteza						
Escala promedio	T1	T2	T3	T4	T5	T6
L*	41,23	42,39	47,53	45,55	47,27	58,90
a*	15,98	15,77	14,51	15,50	14,18	12,00
b*	17,70	17,41	21,09	19,04	17,47	24,79

Miga						
Escala promedio	T1	T2	T3	T4	T5	T6
L*	65,99	62,50	53,30	64,92	63,57	77,42
a*	1,55	2,15	1,74	2,04	2,01	-0,46
b*	15,05	13,99	14,70	14,25	14,43	14,25

Emitido el 18 de setiembre del 2014

Diana Nolasco
 Mg. Sc. Diana Nolasco



Jefe(e) del Laboratorio de Investigación

ANEXO 43: FOTOGRAFÍAS DEL LAVADO Y SECADO DE LA QUINUA



FOTO 01: Lavado de quinua



FOTO 02: Eliminación de saponina presente en la quinua



FOTO 03: extendido de la quinua en las bandejas



FOTO 04: Secado de la quinua desaponificada

ANEXO 44: FOTOGRAFÍAS DE LA SELECCIÓN Y MOLIENDA DE LAS HARINAS



FOTO 05: Inspección visual de las semillas de chia



FOTO 06: Eliminación de impurezas tamiz N° 18 en la serie de Taylor



FOTO 06: Alimentando al molino con la Quinua



Foto 07: Molienda de harina de quinua

**ANEXO 45: FOTOGRAFÍAS PREPARACIÓN DE LA ESPONJA Y
DOSIFICACIÓN DE LAS HARINAS**



FOTO 08: Pesado de la esponja



FOTO 09: Ingreso de la esponja a la cámara de fermentación



FOTO 10: Esponja fermentada



FOTO 11: Preparación de las harinas con los diferentes porcentajes respectivamente

**ANEXO 46: FOTOGRAFÍAS DE LA ELABORACIÓN DE LA MASA PANRIA
PARA LOS DIFERENTES PANES**



FOTO 12: Verificando la calidad de la esponja prueba de tela de araña



FOTO 13: Distribución de la esponja



FOTO 14: Formulando los diferentes tratamientos de los panes



FOTO 15: Homogenizando los ingredientes de la masa para los diferentes panes



FOTO 16: Amasando la masa de los panes en la amadora espiral NOVA-25



Foto 17: Engrasado de los moldes con mantequilla para la incorporación de la masa



FOTO 18: Incorporación de los panes formados a los moldes

ANEXO 47: FOTOGRAFÍAS DEL HORNEADO Y EMPACADO DE LOS PANES



FOTO 19: Acomodando los moldes al coche para su posterior horneado



FOTO 20: Panes después del horneado



FOTO 21: Diferentes tratamientos de panes Horneados



FOTO 22: Empacado de los panes en envases de polietileno

ANEXO 48: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN Y TEXTURA



FOTO 21: Determinando el volumen de los Panes



FOTO 22: Determinando el volumen de panes método-desplazamiento de semillas de linaza



FOTO 23: Determinando la textura de Panes



FOTO 23: Acomodando la muestra de panes en el texturometro

ANEXO 49: FOTOGRAFÍAS DE LA CONFIGURACIÓN DEL TEXTUROMETRO



FOTO 24: Texturometro



FOTO 25: Configurando el texturometro
Para realizar las pruebas
experimentales

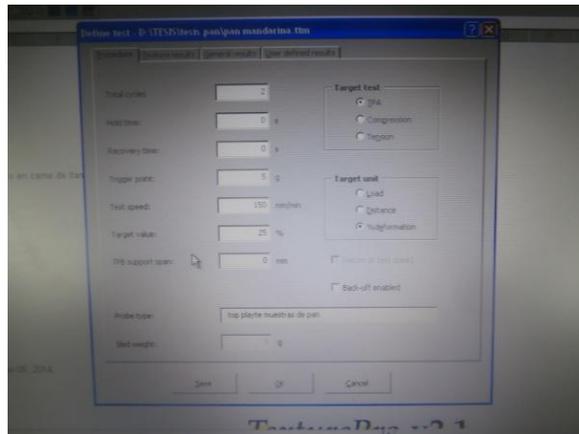


FOTO 26: Configuración del software
texture-pro para el funcionamiento
del texturometro

ANEXO 50: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DEL COLOR DE LOS PANES



FOTO 26: Colorímetro



FOTO 27: Determinando el color de la miga del pan



FOTO 28: Determinando el color de la corteza del pan



FOTO 29: Determinado color de la miga del pan

ANEXO 51: FOTOGRAFÍAS DE LOS VALORES DEL COLOR L*a*b* Y DETERMINANDO HUMEDAD



FOTO 30: Resultados del color en valores L* a*b*



FOTO 31: Determinando humedad de los panes en la estufa



FOTO 32: Muestras de panes en la estufa



FOTO 33: Muestras enfriando en el desecador para pesar posteriormente

ANEXO 52: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DE CENIZA



FOTO 34: Campana extractora de gases con las muestras

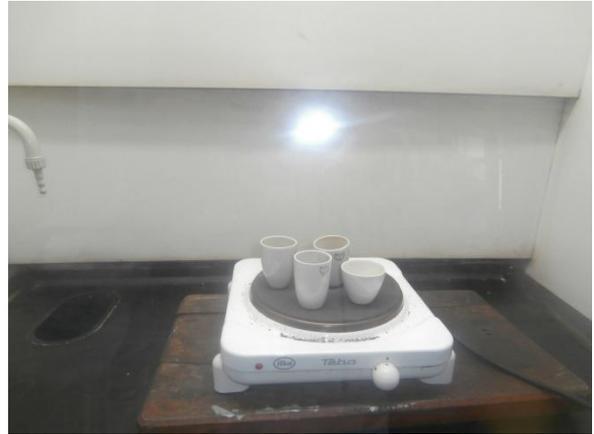


FOTO 35: Quemado de las muestras en la campana extractora de gases



FOTO 36: Muestra quemada



FOTO 37: Incinerando las muestras en la mufla

ANEXO 53: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS



FOTO 38: Acondicionando las muestras de panes en los balones kjeldahl



FOTO 39: Muestra + catalizador de proteína

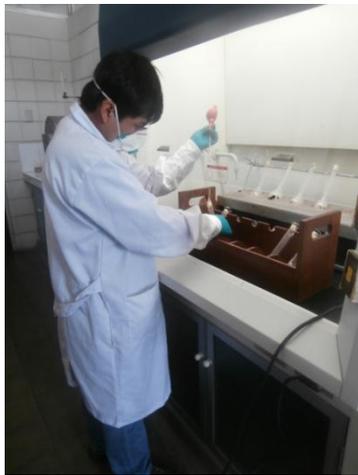


FOTO 40: Adicionando el ácido sulfúrico concentrado para la combustión



FOTO 41: Inicio de la combustión de las muestras



FOTO 42: Muestras en plena combustión



FOTO 43: Muestra final de la combustión
color cristalino



FOTO 43: Muestra digerida en el destilador



FOTO 44: Destilando la muestra de los
panes

ANEXO 54: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DE GRASA



FOTO 45: Extractor soxhlet



FOTO 46: Adicionando éter a las muestras



FOTO 47: Muestra de grasa de panes, después de la estufa enfriando en el desecador.

ANEXO 55: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DE FIBRA



FOTO 48: Digestando la muestra de panes en ácido sulfúrico al 1.25% para la determinación de fibra



FOTO 49: verificando la muestra para que no se quede en las paredes del kitassato



FOTO 50: Filtrado de las muestras en la campana de gases



FOTO 51: Muestras preparadas en los crisoles con papel libre de ceniza para fibra.

ANEXOS 56: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ Y pH



FOTO 52: Titulando las muestras



FOTO 53: Muestra titulada con variación de color



FOTO 53: Comparación de las muestras luego de titulación



FOTO 54: Determinado el pH en el potenciómetro

ANEXO 57: FOTOGRAFÍAS DE LA AVALUACIÓN SENSORIAL



FOTO 55: Acondicionamiento de los cubículos para la evaluación sensorial



FOTO 56: Preparación de las muestras para la degustación



FOTO 57: Panelistas en la evaluación sensorial



FOTO 58: Panelista realizando la degustación