



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“INFLUENCIA DE LA HARINA DE PAPA *Solanum tuberosum*
Y HARINA DE GARBANZO *Cicer arietinum* SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y SENSORIALES
DE UN PAN BAJO EN GLUTEN”

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

Autor: Nazate Nazate Luis Alberto

Director: Ing. Holguer Pineda Flores, MBA

Ibarra – Ecuador

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“INFLUENCIA DE LA HARINA DE PAPA *Solanum tuberosum* Y HARINA DE GARBANZO *Cicer arietinum* SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y SENSORIALES DE UN PAN BAJO EN GLUTEN”

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Holguer Pineda, MBA.

DIRECTOR DE TESIS



FIRMA

Dra. Lucía Yépez, MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL.



FIRMA

Ing. Nicolás Pinto, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Silvio Álvarez, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401569959
APELLIDOS Y NOMBRES:	Nazate Nazate Luis Alberto
DIRECCIÓN:	Av. Veintimilla – Barrio Las Juntas – Tulcán - Carchi
EMAIL:	luis_beto04@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL:	0968012057

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO:	“INFLUENCIA DE LA HARINA DE PAPA <i>Solanum tuberosum</i> Y HARINA DE GARBANZO <i>Cicer arietinum</i> SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y SENSORIALES DE UN PAN BAJO EN GLUTEN”
AUTOR:	Luis Alberto Nazate Nazate
FECHA:	2019
PROGRAMA:	X PREGRADO POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
DIRECTOR:	Ing. Holguer Pineda Flores, MBA

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Alberto Nazate Nazate, con cédula de identidad número 0401569959, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de abril 2019

EL AUTOR:



Nazate Nazate Luis Alberto



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Luis Alberto Nazate Nazate, con cédula de identidad No. 0401569959, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **“INFLUENCIA DE LA HARINA DE PAPA *Solanum tuberosum* Y HARINA DE GARBANZO *Cicer arietinum* SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y SENSORIALES DE UN PAN BAJO EN GLUTEN”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de abril 2019

Sr. Luis Alberto Nazate Nazate

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original, y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de abril 2019



Sr. Nazate Nazate Luis Alberto

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Nazate Nazate Luis Alberto, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Holguer Pineda Flores', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Holguer Pineda Flores, MBA

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino, que con su amor y respaldo, me ayudaron alcanzar mi objetivo.

Y por supuesto agradezco a mis docentes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al Ing. Holguer Pineda tutor de mi proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente y al excelente equipo de docentes que dedicaron su tiempo, conocimiento y paciencia para el desarrollo de este trabajo: Dra. Lucía Yépez, Ing. Nicolás Pinto, y Lic. Silvio Álvarez.

Y de igual manera a quienes de una u otra forma, supieron darme una mano en los momentos más críticos a mis queridos amig@s por su incondicional apoyo y cariño en mis años de carrera.

Por siempre agradecido con cada uno de ellos.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza, apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres. A mi hermana por estar siempre presente, por el apoyo moral a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mis abuelit@s, ti@s y prim@s por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento.

A la Universidad Técnica del Norte por darme la oportunidad de haber concluido con los estudios de tercer nivel. A la Carrera de Ingeniería Agroindustrial y a sus catedráticos, que pusieron todos sus conocimientos al servicio de los estudiantes incentivándonos a culminar nuestra carrera, enseñándonos en el camino a fortalecer nuestro espíritu y a forjar nuestra personalidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
RESUMEN.....	1
SUMARY.....	2
CAPÍTULO I.....	3
INTRODUCCIÓN	3
1.1. PROBLEMA.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	5
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.4. HIPÓTESIS.....	7
1.4.1. HIPÓTESIS ALTERNATIVA:	7
1.4.2. HIPÓTESIS NULA:	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. GLUTEN.....	8
2.2. LA ENFERMEDAD CELÍACA.....	8
2.3. ALIMENTOS SIN GLUTEN	9
2.4. PANIFICACIÓN	10
2.4.1. PAN.....	10
2.4.2. CUALIDADES NUTRITIVAS	10
2.4.3. COLOR.....	11
2.5. MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PAN BAJO EN GLUTEN	13
2.5.1. HARINA DE TRIGO.....	13
2.5.2. HARINA DE PAPA.....	17
2.5.3. HARINA DE GARBANZO.....	20
2.5.4. HIDROCOLOIDES	24
CAPÍTULO III.....	27

MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	27
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	28
3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS	28
3.2.2. EQUIPOS	28
3.2.3. INSTRUMENTOS	28
3.3. MÉTODOS	29
3.3.1. FACTORES EN ESTUDIO	29
3.3.2. TRATAMIENTOS	29
3.4. TIPO DE DISEÑO	30
3.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO	30
3.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
3.4.3. ANÁLISIS FUNCIONAL	31
3.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS EN ESTUDIO	31
3.5.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS	32
3.6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN ...	38
3.6.1. DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL PAN CON BAJO CONTENIDO DE GLUTEN	43
CAPÍTULO IV	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA TRIGO, PAPA Y GARBANZO	44
4.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA	44
4.2. ELABORACION DE LA MASA BAJO EN GLUTEN	46
4.2.1. ANÁLISIS DE LA MASA	46
4.2.2. TEXTURA EN LA MASA DE PAN	46
4.2.3. ANÁLISIS DE HUMEDAD EN MASA DE PAN	49
4.2.4. ANÁLISIS DE ALMIDÓN EN MASA DE PAN	52
4.2.5. CARACTERÍSTICAS DEL COLOR EN MASA DE PAN	55
4.3. ELABORACION DEL PAN BAJO EN GLUTEN	62

4.3.1. ANÁLISIS DE TEXTURA EN PAN	62
4.3.2. ANÁLISIS DE HUMEDAD EN PAN	64
4.3.3. ANÁLISIS DE ALMIDÓN EN EL PAN	67
4.3.4. ANÁLISIS DE PROTEÍNA EN EL PAN	71
4.3.5. CARACTERÍSTICAS DEL COLOR EN EL PAN.....	74
4.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS	82
4.4.1. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL MEJOR TRATAMIENTO T6 Y TESTIGO	82
4.4.2. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	84
4.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TRATAMIENTO T6 Y TESTIGO.....	88
CAPÍTULO V	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
5.1. CONCLUSIONES	89
5.2. RECOMENDACIONES	90
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	91
ANEXOS	102
NORMA INEN PARA PAN.....	107
NORMA INEN PARA TRIGO	115
NORMAS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL PARA PANELISTAS... ..	126
FICHA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Espacio de color CIELAB	12
Figura 2: Grafica general del análisis del perfil de textura	35
Figura 3: Recepción materia prima e insumos	39
Figura 4: Pesado de las materias primas	39
Figura 5: Mezcla de los ingredientes húmedos y secos	40
Figura 6: Fermentación inicial de la masa	40
Figura 7: Pesado y boleado de las masas	41
Figura 8: Segunda fermentación de la masa	41
Figura 9: Horneado del pan.....	41
Figura 10: Enfriado del pan.....	42
Figura 11: Empacado del pan.....	42
Figura 12: Diagrama de proceso para la elaboración del pan	43
Figura 13: Comportamiento de las medias en la textura en la masa de pan	48
Figura 14: Comportamiento de las medias en las masas de pan	51
Figura 15: Comportamiento de almidón en masa de pan.....	54
Figura 16: Representación del ángulo Hue (°) de los tratamientos en masa de pan	59
Figura 17: Interacción de Croma en masa de pan	60
Figura 18: Representación del ángulo Hue (°) de los tratamientos en masa de pan	61
Figura 19: Comportamiento de las medias en la textura del pan	63
Figura 20: Interacción (A x B) humedad en pan.....	66
Figura 21: Comportamiento de las medias en el pan	67
Figura 22: Comportamiento de almidón en el pan.....	70

Figura 23: Interacción (A x B) almidón en el pan	70
Figura 24: Comportamiento de proteína en el pan.....	73
Figura 25: Interacción (A x B) proteína en el pan	74
Figura 26: Interacción (A x B) luminosidad en el pan.....	77
Figura 27: Representación del ángulo Hue de los tratamientos en masa de pan ..	78
Figura 28: Interacción de Croma en el pan	81
Figura 29: Luminosidad, Hue, Croma en pan	81
Figura 30: Puntuaciones del atributo de color en el pan	84
Figura 31: Puntuación del atributo de olor en el pan	85
Figura 32: Puntuación del atributo del sabor en el pan.....	86
Figura 33: Puntuación del atributo de textura en el pan.....	86
Figura 34: Puntuación del atributo aceptabilidad del pan.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Hectáreas cultivadas trigo en Ecuador	16
Tabla 2: Composición química y valor nutricional del trigo	16
Tabla 3: Hectáreas cultivadas de papa en Ecuador	18
Tabla 4: Composición química y valor nutricional de la papa.....	20
Tabla 5: Zonas cultivadas de garbanzo en Ecuador	21
Tabla 6: Composición química y valor nutricional del garbanzo	24
Tabla 7: Caracterización del Área de Estudio.....	27
Tabla 8: Porcentajes de mezclas de harinas para la elaboración de pan bajo en gluten.....	29
Tabla 9: Descripción de los tratamientos en el estudio de elaboración pan bajo en gluten.....	30
Tabla 10: Esquema ADEVA.....	31
Tabla 11: Parámetros analizados en la materia prima.....	32
Tabla 12: Resultados de los análisis fisicoquímicos de materia prima.....	44
Tabla 13: Resultados de textura masa de pan	46
Tabla 14: Tukey para Tratamientos	47
Tabla 15: Resultados de humedad masa de pan.....	49
Tabla 16: DMS para factor A.....	50
Tabla 17: DMS para factor B	50
Tabla 18: Tukey para Tratamientos	51
Tabla 19: Resultados de almidón masa de pan	52
Tabla 20: DMS para factor A.....	53
Tabla 21: DMS para factor B	53

Tabla 22: Tukey para Tratamientos	54
Tabla 23: Resumen de resultados evaluados en la masa de pan de los tratamientos	55
Tabla 24: DMS Luminosidad L* para factor A	56
Tabla 25: Tukey para Tratamientos Luminosidad (L*)	57
Tabla 26: Dms Hue para Factor A	57
Tabla 27: DMS para factor B	58
Tabla 28: Tukey para Tratamientos Hue.....	58
Tabla 29: Tukey para Tratamientos Croma	59
Tabla 30: Dms Croma para Factor A	60
Tabla 31: DMS para factor B	60
Tabla 32: Resultados de textura en el pan.....	62
Tabla 33: Tukey para Tratamientos	62
Tabla 34: Resultados de humedad	64
Tabla 35: DMS para factor A.....	64
Tabla 36: DMS para factor B	65
Tabla 37: Tukey para Tratamientos	65
Tabla 38: Resultados de almidón en el pan.....	68
Tabla 39: DMS para factor A.....	68
Tabla 40: DMS para factor B	69
Tabla 41: Tukey para Tratamientos	69
Tabla 42: Resultados de proteína en el pan.....	71
Tabla 43: DMS para factor A.....	71
Tabla 44: DMS para factor B	72
Tabla 45: Tukey para Tratamientos	72

Tabla 46: Valores de color Luminosidad, Hue (°), Croma del pan	74
Tabla 47: Tukey para Tratamientos Luminosidad (L*)	76
Tabla 48: DMS para factor A	76
Tabla 49: DMS para factor B	77
Tabla 50: Tukey para Tratamientos Hue (°)	78
Tabla 51: DMS para factor A	79
Tabla 52: DMS para factor B	79
Tabla 53: Tukey para Tratamientos Croma	79
Tabla 54: DMS Croma para factor A	80
Tabla 55: DMS para factor B	80
Tabla 56: Análisis composición química del pan	83
Tabla 57: Resumen de los resultados de la evaluación sensorial.....	87
Tabla 58: Análisis microbiológico del pan	88

RESUMEN

El pan constituye uno de los principales productos alimentarios consumidos por la población ecuatoriana. En este trabajo se plantea la utilización de harinas alternativas en la panificación para obtener un pan nutricionalmente mejor y con bajo contenido en gluten, empleando harina de garbanzo por su riqueza nutricional y harina de papa, por tratarse de un producto abundante en el país además estas materias primas son aptas para personas que no toleran el gluten.

En el presente trabajo el objetivo principal fue el desarrollar un producto panificable con harinas compuestas de trigo, harina de garbanzo y harina de papa, con características fisicoquímicas, nutricionales y valoración sensorial semejante a la de un pan hecho a base de 100% de trigo.

Se realizó un diseño de mezclas con 20% de harina de trigo que es constante mientras que la sustitución de la harina de garbanzo fue del (20%. 40%. 60%) y de harina de papa con la adición del (60%, 40%, 20%). Se evaluaron las variables cuantitativas en la masa: textura, humedad, almidón, color. En el pan las variables: textura, humedad, almidón, color y proteína. Y las variables cualitativas: color, olor, sabor, textura, aceptabilidad, en el pan. El análisis organoléptico se realizó con un panel de 15 degustadores para todos los tratamientos los resultados de la prueba de aceptación mediante la escala hedónica indicaron que el tratamiento T6, es el pan con mejor puntaje que dio los degustadores. Este pan presenta características en alto contenido de proteína, de fibra y bajo contenido de gluten.

El presente trabajo indica que existe la posibilidad de obtener panes en los que se puede sustituir parcialmente por harina de trigo con harina de garbanzo y harina de papa mostrando un perfil nutricional más adecuado.

SUMMARY

Bread is one of the main food products consumed by the Ecuadorian population. This paper proposes the use of alternative flours in baking to obtain a better nutritional bread with low gluten content, using chickpea flour for its nutritional richness and potato flour, as it is an abundant product in the country. Raw materials are suitable for people who can not tolerate gluten.

In the present work the main objective was to develop a breadmaking product with wheat flour, chickpea flour and potato flour, with physical and chemical characteristics, nutritional and sensory evaluation similar to that of bread made from 100% wheat.

A mix design was made with 20% of wheat flour that is constant while the substitution of the chickpea flour was (20%, 40%, 60%) and of potato flour with the addition of (60%, 40%, 20%). The quantitative variables in the mass were evaluated: texture, humidity, starch, color. In bread the variables: texture, humidity, starch, color and protein. And the qualitative variables: color, smell, taste, texture, acceptability, in bread. The organoleptic analysis was carried out with a panel of 15 tasters for all the treatments, the results of the acceptance test using the hedonic scale indicated that the T6 treatment is the bread with the best score that the tasters gave. This bread has characteristics in high protein content, fiber and low gluten content.

The present work indicates that there is the possibility of obtaining bread in which it can be partially replaced by wheat flour with chickpea flour and potato flour showing a more adequate nutritional profile.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

En la actualidad, en la industria de panificación se elaboran productos con alto contenido de gluten, el cual está compuesto por dos glucoproteínas: la gliadina y la glutenina, con características muy nutritivas y beneficiosas para algunas personas que si la toleran; sin embargo, esta proteína tiene una característica que es indigesta, y el organismo del ser humano no dispone de las enzimas necesarias para digerirlo completamente y son precisamente esos pequeños segmentos no digeridos los que pueden provocar problemas intestinales por lo que conlleva finalmente a una mala absorción de los nutrientes. Además, estudios mencionan que la enfermedad celíaca también conocida como enteropatía por sensibilidad al gluten Bai, y otros, (2010) se caracteriza por un inflamación crónica de la mucosa del intestino delgado debido a la intolerancia total y permanente a la prolamina del trigo, conocida como gliadina. (Mahan y Escott-Stump 2001; Kagnoff, 2005; Luvigsson et. al. 2006), citado por (Ordaz Trinidad, 2010)

Asimismo, la enfermedad celíaca (EC) está aumentando en países de desarrollo y subdesarrollados, como el norte de África e India, países europeos y de América se tienen registrado que alrededor del 1% de la población padece de esta enfermedad Loftus & Murray, (2003), Catassi,(2005). El Ministerio de Salud del Ecuador no posee datos sobre el porcentaje de personas que padecen de (EC)

enfermedad celiaca (El Universo, 2010). Por ello, el país no es la excepción al valor mencionado anteriormente, por esta razón en el país no existen una cantidad suficiente de productos bajo o libres en gluten, que logren satisfacer a la demanda generada por este 1% de la población (El Universo, 2010).

Con respecto a la problemática sobre la importación del trigo la mayoría de las industrias panaderas utiliza únicamente harina de trigo importado debido a que forma una masa fuerte ya que poseen el 14% de contenido proteico; en cambio la industria del trigo nacional es de muy baja calidad esto se debe a que la mayor parte de cultivos utilizan variedades de semillas con bajo contenido reológico, lo cual es una de las muchas razones para la escasa producción de trigo nacional.

Por otra parte, debido a la baja disponibilidad para el procesamiento de tubérculos y leguminosas, se generan pérdidas económicas a los productores, además, un desaprovechamiento nutricional como una fuente de materias primas, como el desarrollo de nuevos productos de alimentos saludables ya que aportan proteína, fibra, carbohidratos que son de gran beneficio nutricional.

Por ello se busca nuevas opciones como la sustitución parcial de la harina de trigo con tubérculos y leguminosas con el propósito de favorecer a la población más humilde del país. Por lo que se plantea un estudio sobre la influencia de la harina de papa y harina de garbanzo sobre las características estructurales y sensoriales de un pan bajo en gluten.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El pan ha sido uno de los principales constituyentes de la alimentación de todas las civilizaciones humanas debido a sus características nutritivas, es fuente de hidratos de carbono, fibra, hierro, zinc y vitamina B1, también proporciona cantidades importantes de magnesio, potasio, niacina, vitamina B2, ácido fólico y vitamina B6 (Dewettinck, Van Bockstaele, Kühne, Van de Walle, Courtens, & Gellynck, 2008)

Se han hecho investigaciones y pruebas sobre la elaboración de productos como: pan, galletas, pastas, pizza, etc, (Escobar, et al., 2006; Cevallos, et al., 2011; Guinand, 2013; Rodríguez, et al., 2014), utilizando diversas materias primas como: papa, garbanzo, arroz, choco, yuca, chíá, amaranto, brócoli, etc, Cerón, Hurtado B., Osorio M., & Buchely, (2010); González Toro, (2012); Ordaz Trinidad, (2012); Barreto Martínez, (2015). Estas materias primas mencionadas son fuentes de proteínas, carbohidratos, almidón, vitaminas, minerales, fibra y libres de gluten en diferentes cantidades. Por lo que se considera posibles fuentes de materias primas para la elaboración de alimentos libres en gluten.

Por esta razón, se plantea la utilización de materias primas alternativas como la papa que tiene alto contenido de carbohidratos, es bajo en grasa, apto para todas las edades y además se digiere fácilmente, que la convierte en una alternativa muy interesante para personas con intolerancia al gluten. Inclusive la harina de garbanzo es un alimento muy nutritivo que proporciona altas dosis de proteína, minerales, grasas, ceniza y fibra Aguilar Raymundo & Vélez Ruiz, (2013), además el garbanzo tiene alto contenido de hidratos de carbohidratos de absorción lenta. (Barreto Martinez, 2015).

Por ello, con la sustitución de harina de trigo por harina de papa y harina de garbanzo se disminuirá porcentualmente el contenido de gluten para la elaboración de pan. Además Córdova, (2014) en su investigación menciona que el país importa este cereal (trigo) a un alto costo; por lo que se evitará pérdidas al agricultor ecuatoriano. El uso alternativo a este tubérculo y leguminosa es de gran importancia para el país.

Además, esta investigación tiene como objetivo utilizar los recursos agrícolas ya que el país tiene un gran potencial agrícola, además de brindar una alternativa de industrialización de sus productos y dar un valor agregado a los mismos, para alcanzar mejores rendimientos y rentabilidad.

Por esta razón con la incorporación de papa y garbanzo como la materia prima en la elaboración de pan bajo en gluten este alimento hará que el consumidor cuide de mejor manera su dieta alimenticia se mejorará la composición nutricional de la misma, con el fin de aprovechar los diferentes nutrientes que poseen las harinas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la influencia de la harina de papa y harina de garbanzo sobre las características estructurales y sensoriales de un pan bajo en gluten.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la materia prima mediante análisis fisicoquímicos.
- Evaluar el proceso de elaboración del pan bajo en gluten.
- Evaluar las características físico químicas y organolépticas.
- Analizar las características microbiológicas.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS ALTERNATIVA:

Ha: Los porcentajes de sustitución de harinas de papa y garbanzo influyen en las características físicas, químicas y organolépticas del producto terminado.

1.4.2. HIPÓTESIS NULA:

Ho: Los porcentajes de sustitución de harinas de papa y garbanzo no influyen en las características físicas, químicas y organolépticas del pan elaborado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. GLUTEN

El gluten es una proteína del trigo químicamente, está compuesto por 70-85% de proteína, 5-15% de carbohidratos, 3-10% de lípidos y 1-2% de cenizas Hui, (2006), además la calidad de la harina de trigo está determinada principalmente por la estructura molecular Steffolani, (2012), la cantidad y calidad de estas proteínas y la influencia de cada fracción en las propiedades funcionales de la masa durante el proceso de panificación (Rodrigo & Salvador Peña, 2013); (Molina Rosell, 2013).

Por esta razón la presencia de gluten en la harina de trigo, la convierte en la más representativa para la industria de la panificación, gracias a su capacidad única de formar una masa viscoelástica al ser mezclada con agua, capaz de retener el gas producido durante la fermentación. Esta propiedad se debe a la presencia de gliadinas y gluteninas en el grano (Hui, 2006); (Villanueva Flores, 2014).

2.2. LA ENFERMEDAD CELÍACA

La enfermedad celíaca es una enteropatía sensible al gluten, proteína de origen vegetal, concretamente a la fracción proteica de las prolaminas presentes en el trigo (gliadina), centeno (secalina), cebada (ordeína) y avena (avenina). El gluten lesiona la mucosa intestinal ocasionando atrofia de las vellosidades. (Alvarado, 2009)

Clínicamente se manifiesta con una diarrea crónica y malabsorción de nutrientes generalizada (sobre todo hierro, folatos, vitamina B12, vitaminas liposolubles y calcio), flatulencia, pérdida de peso, astenia, anemia, afectación ósea, la hipoplasia del esmalte, la osteopenia, las calcificaciones occipitales bilaterales, artritis, retraso la pubertad y del crecimiento en niños que hayan sido diagnosticados dentro de los primeros años de su vida, etc., todos ellos relacionados con la presencia del gluten en la dieta. (Alonso Franch, y otros, 2001)

2.3. ALIMENTOS SIN GLUTEN

Alimentos procesados reducidos en gluten. Estos alimentos están constituidos por uno o más ingredientes procedentes del trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas que han sido procesados de forma especial para reducir el contenido de gluten a un nivel comprendido entre 20 mg gluten/kg alimento o que es lo mismo, 20 ppm y 100 mg gluten/kg alimento, o que es lo mismo 100 ppm en total, medido en los alimentos tal como se venden o distribuyen al consumidor. (NTE INEN, 2235:2012, 2012), (Aller Pellitero, 2014), (Barroso, 2014).

En población no celíaca la ingesta promedio de gluten es 10 a 20 g por día; en los celíacos, dosis sobre 1 g de gluten día producen aparición de daño severo en la mucosa intestinal (Parada & Araya, 2010)

Los alimentos del tipo pan, pastas italianas, galletas, etc., que habitualmente se confeccionan con harina de trigo, también están disponibles en la variedad sin gluten, ya que en su elaboración se sustituye el trigo por otros ingredientes, como harinas de maíz, arroz o patata, almidón de maíz o arroz, o tapioca de cocción rápida, harina de soja, proteína vegetal o proteína vegetal hidrolizada, espesantes, fécula, fibra, especias, aromas, etc. son los llamados productos dietéticos destinados a enfermos celíacos o alimentos sin gluten (Asociación celiaca de Uruguay, 2016).

Dado que una pequeñísima cantidad de gluten puede provocar sintomatología, los celíacos deberán evitar los alimentos comercializados a granel y los no etiquetados. Asimismo, es muy importante leer atentamente el etiquetado

nutricional, ya que la utilización de algunos ingredientes puede ser indicativa de la presencia de gluten, y será conveniente evitarlos, a no ser que el fabricante verifique la ausencia de gluten en el producto.

Estos productos suelen estar señalados con el símbolo internacional de alimentos sin gluten, que consiste en una espiga barrada dentro de un círculo. Astiasarán & otros, (2002)

2.4. PANIFICACIÓN

La panificación es un proceso por el cual se obtiene pan partir de la harina, a la que se añade agua, sal y levadura. La gran variedad de tipos de pan que existen hace que sea imposible conocer la composición de todos ellos. Esto está en dependencia de los elementos que se hallan o de la forma como se fabrican. Los suplementos pueden ser azúcar, miel, leche, pasas, higos, huevos, grasa, queso, mejoradores, entre otros.

Para la elaboración del pan se han utilizado granos de diferentes especies de gramíneas, aunque desde tiempos muy remotos el trigo ha sido el preferido en todas las civilizaciones. La elaboración del pan se hace con levaduras que contribuyen a la formación de gas con la fermentación del azúcar a etanol y CO₂, debido a esto le dan porosidad y ligereza a la masa.

2.4.1. PAN

El pan es el producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo , sal comestible y agua potable, fermentada por especies propia de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*.

También se elabora con otras harinas: centeno, cebada, maíz, arroz, patatas, garbanzo y soja. Lo que confiere al pan su esponjosidad es el gluten, como algunas de estas harinas carecen de gluten se suelen usar combinadas con la de trigo.

2.4.2. CUALIDADES NUTRITIVAS

Un alimento con cualidades nutritivas, va aportar beneficios a la salud de los consumidores. Los nutrientes son sustancias necesarias para la salud que no

pueden ser sintetizadas por el organismo y que por tanto deben ser ingeridas a través de los alimentos y la dieta; cuyo fin es aportar energía, aminoácidos reguladores del metabolismo.

2.4.2.1. Proteínas

El pan aporta proteínas vegetales procedentes del grano del cereal. En el pan de trigo abunda una proteína denominada gluten, que hace posible que la harina sea panificable. El valor nutritivo de estas proteínas puede equiparse a las de la carne, el pescado o el huevo, si consumimos pan junto con otros alimentos como legumbres o como alimentos de origen animal como lácteos. Ejemplo: sopas de pan con leche, bocadillo de pan con queso, garbanzos salteados con pan rallado, etc.

2.4.2.2. Fibra

Las variedades integrales y de cereales son las más ricas en fibra. El único parámetro legislado para el molde es la humedad: el agua no debe superar el 38 % en los panes especiales, entre los que se incluyen los de molde. El nutriente mayoritario del pan de molde son los hidratos de carbono, que representan entre el 46 % y el 54 % del producto. Estos hidratos de carbono son principalmente complejos; tan solo una minoría son hidratos sencillos, lo que hace que este alimentos sea interesante para personas diabéticas, ya que este bajo nivel de hidratos de carbono sencillos ayuda a controlar los niveles de glucosa en sangre.

2.4.3. COLOR

El color es la sensación producida por las radiaciones luminosas tras su absorción en la retina y posterior procesamiento a nivel cerebral para hacerlo consciente Valero, (2013). El color es un fenómeno perceptual que depende del observador y de las condiciones en las cuales el color es observado.

Citado por Peñafiel Solano, (2017) menciona a Albert H. Munsell en el año 1990 estableció las diferencias entre matiz, luminosidad y cromaticidad como cualidades primarias del color. El matiz lo define también como tono, tinte, color o “hue” y está caracterizado por la longitud de onda de la radiación, por lo cual permite afirmar si un color es rojo, verde, amarillo, azul, violeta, etc. La

luminosidad por su parte, la define como brillantez, brillo y “value”; está dada por el contenido total de energía y origina a las sensaciones de claros y oscuros de un color. El croma es la saturación, intensidad, pureza, “chroma” y define la intensidad o pureza espectral del color que va de los tonos pálidos, apagados o débiles a los más fuertes, intensos y vivos.

Puede expresarse en números y gráficamente el color, por lo tanto representa una herramienta útil, eficaz y controlar los procesos industriales donde los productos obtienen su color en etapas iniciales, intermedias o finales. Uno de los equipos utilizados para este propósito es el espectrofotómetro. “Miden la cantidad de luz transmitida o reflejada con relación a un blanco patrón. Se trabaja solo dentro del intervalo visible; aproximadamente entre 380 y 750 nm” (Instituto Politécnico Nacional, 2010).

El espacio de color CIE LAB define un espacio de coordenadas L^* , a^* , b^* graficado en la figura 1.

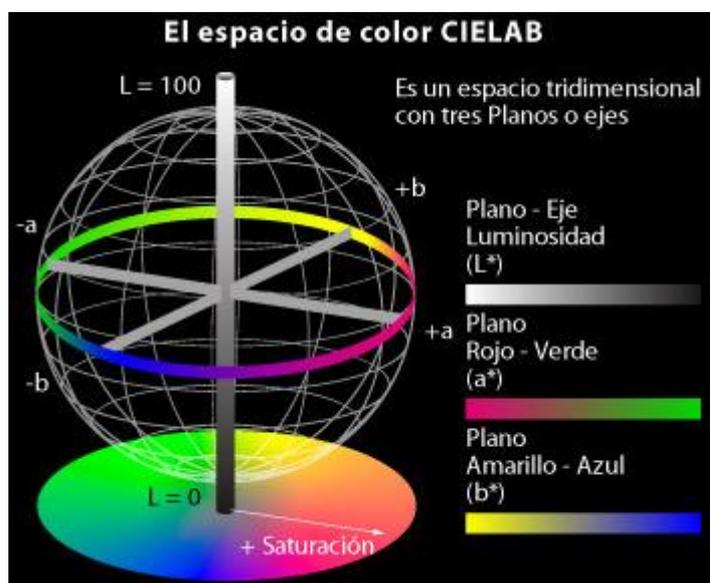


Figura 1: Espacio de color CIELAB
Fuente: (CIElab y CIElch , 2010)

L^* : Lightness, claridad, (desde el 0, que indica negro, hasta el 100, que indica blanco). La coordenada en a^* : va desde el rojo al verde (valores negativos indican verde mientras que valores positivos indican rojo. Con valores que van del -120 al $+120$). La coordenada en b^* indica posición entre amarillo y azul (valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo (Valero Muñoz, 2013).

2.5. MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PAN BAJO EN GLUTEN

2.5.1. HARINA DE TRIGO

El grano de trigo contiene almidón, proteínas, agua, minerales, celulosa, vitaminas y en menor proporción grasas. Todo el trigo, que incluye el salvado y el germen de trigo, por lo tanto, ofrece protección contra enfermedades como el estreñimiento, isquémica, enfermedad del corazón, enfermedad del colon llamada divertículo, la apendicitis, la obesidad y diabetes. Kumar, et al (2011).

La harina de trigo se entiende el producto elaborado con granos de trigo común, o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. Norma General del Codex para la harina de trigo (codex stan 1-1985).

El almidón es el componente que se encuentra en mayor proporción en el grano, representa el 70% del peso seco, sus propiedades funcionales y la calidad industrial depende de las proteínas insolubles denominadas gluten. Estas proteínas interactúan en presencia de agua para formar la parte insoluble de la harina y que de acuerdo a sus características de calidad, permiten obtener masas de mayor o menor fuerza y elasticidad, características altamente deseables en el proceso de elaboración de pan (Vasquez & Wastts, 2004).

Pazmiño & Salvarría, (1982) citado por Sandoval Chasi, (2011) mencionan que la harina de trigo es la única que posee proteínas capaces que al mezclarse con agua o líquidos que forman una sustancia firme, gomosa y elástica denominada gluten. La calidad de las proteínas específicamente las gliadinas y las gluteninas desempeñan un rol relevante, que durante el mezclado por acción del agua forman el gluten. Las gliadinas (bajo peso molecular) presentan propiedades de plasticidad y las gluteninas (de alto y bajo peso molecular) de elasticidad. Ambas constituyen a las propiedades viscoelásticas tengan un buen comportamiento de la masa durante la panificación.

El trigo es uno de los alimentos básicos más importantes del mundo. En ningún otro alimento básico influye tanto en las oscilaciones de las características de la materia prima en la naturaleza y las propiedades de procesamiento como en la harina de trigo Villanueva (2014).

2.5.1.1. Beneficios de la harina de trigo

La calidad de proteína, definida básicamente por la variedad, es al menos tan importante como la cantidad. Si bien existen diferencias entre distintos genotipos, la cantidad de proteína del grano de trigo está muy influenciada por las condiciones ambientales en que fue cultivado, siendo importante que el trigo tenga suficiente disponibilidad de nitrógeno en el suelo Shewry et al., (2003). Citado por (Olán, y otros, 2010)

Se considera una buena fuente de proteínas, minerales, vitaminas del grupo B y fibra dietética es decir, un alimento excelente salud de la capacidad. Por lo tanto, tiene convertido en el principal cereal, siendo más ampliamente utilizado para la fabricación de pan.

El trigo tiene varias virtudes: almidón y gluten del trigo proporcionan calor y energía; las capas de salvado internas, fosfatos y otras sales minerales; el salvado exterior, la que tanto necesita el forraje parte no digerible que ayuda a facilitar el movimiento de los intestinos; el germen, vitaminas B y E; proteínas de trigo ayuda construir y reparar el tejido muscular.

2.5.1.2. Funcionalidad del almidón en productos panificados

Los almidones son los principales constituyentes de muchos alimentos aproximadamente el 25% del almidón es amilosa y el 75% amilopectina al calentarlos con agua, los gránulos de almidón se hinchan y revientan aproximadamente a 70 °C para formar una pasta viscosa, al calentarse, el almidón no presenta punto de fusión; pero al calentarlo suavemente se hincha, se carboniza y forma productos caramelizados. Kirk, Sawyer, & Egan, (2005). Este proceso tiene lugar en el pan, pero no llega a ser completo porque la cantidad agua presente resulta insuficiente para gelificar todo el almidón (Fáider, 2002).

La producción de gas durante la fermentación consecuencia de la asimilación de los azúcares presentes en la masa por la levadura. La masa panaria contiene glucosa y fructuosa solo 0,5% procedente de la harina, esta cantidad es adecuada para iniciar la fermentación y activar la levadura. Para sostener la fermentación es necesaria la intervención de las amilasas que contiene la harina para convertir los gránulos del almidón dañado en maltosa.

La fermentación continúa mientras la levadura tenga sustrato para continuar el crecimiento. Si la producción de gas continua, la masa no aumentará su volumen si no es retenido. No todo el gas generado durante la fermentación y cocción que la masa va a ser retenido cuando el pan salga del horno.

Existen varios factores que causan la producción y retención de gas como los siguientes:

- Temperaturas bajas produce masas que suben lentamente, mientras que altas temperaturas dan masas débiles que suben rápidamente.
- La absorción de agua alta incrementa la producción de gas y su retención disminuye. La levadura puede acceder de forma más fácil a su alimento, mientras que el gluten se diluye y reduce la fuerza de la masa.
- La sal disminuye la producción de gas.
- Con el aumento de los niveles de azúcar la producción de gas puede aumentarse del 5% pero también puede reducir la producción cuando el azúcar está presente en exceso.
- El alto contenido de fibra reduce la retención del gas ya que el exceso de fibra interfiere en la estructura del gluten.

2.5.1.3. Producción de trigo a nivel nacional

La siguiente tabla 1 presenta los valores de las hectáreas cultivadas en Ecuador.

Tabla 1: Hectáreas cultivadas trigo en Ecuador

	Superficie sembrada (hectáreas)	Superficie cosechada (hectáreas)	Producción (tm.)	Ventas (tm.)
Solo	21945	20269	12822	7854
Asociado	747	604	136	55

Fuente: INEC-MAG-SICA, (2000)

2.5.1.4. Composición química y energética de la harina de trigo

En la tabla 2 se describe la composición química y energética de la harina de trigo

Tabla 2: Composición química y valor nutricional del trigo

Valor nutricional por cada 100 g	
Carbohidratos	76,1 (g) - 76,31 (g)
Fibra	12,2 - 0,4 g - 2,70 (g)
Cenizas	1,57 - 0,5 g - 0,47 (g)
Almidón	62,4 g
Grasas	1,9 g - 0,98 (g)
Proteínas	12,6 - 10 g - 10,33 (g)
Lípidos	1,54 g
humedad	11,5 g - 11,92 (g)
Energía	368 (kcal)-364 (kcal)
Provitamina A	9 IU
Tiamina (Vit. B1)	0,38 mg - 0,12 (mg)
Riboflavina (Vit. B2)	0,12 mg
Niacina (Vit. B3)	5,46 mg
Vitamina B6	0,30 mg - 0,04 (mg)
Vitamina K	1,90 mg
Vitamina E	1,01 mg
Calcio	15 (mg)
Hierro	3,19 mg - 1,17 (mg)
Magnesio	126 mg - 22(mg)
Fósforo	288 mg - 108 (mg)
Potasio	363 mg - 107 (mg)
Sodio	2 (mg)
Zinc	2,65 mg - 0,70 (mg)
Cobre	0,43 mg

Fuente: (Bejarano, Bravo, Huamán, Huapaya, Roca, & Rojas, 2002);
Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica INCAP (2012);
Moreiras y col., (2013)

2.5.2. HARINA DE PAPA

La industria alimentaria utiliza la harina de papa un polvo fino, sin sabor y de excelente textura, como aglutinante para dar mayor viscosidad a los alimentos (FAO, 2008)

2.5.2.1. El almidón de papa

El almidón se diferencia de todos los demás carbohidratos en que en la naturaleza se presenta como complejas partículas discretas (gránulos). Los gránulos de almidón son relativamente densos e insolubles, y se hidratan muy mal en agua fría. El almidón tiene algunas propiedades únicas que determinan su funcionalidad en las aplicaciones de muchos alimentos, en productos de panadería especialmente cuando contribuyen a la textura, apariencia y aceptabilidad de productos a base de cereales (Ward & Andon, 2002).

La mayoría de los gránulos de almidón están compuestos por una mezcla de amilosa y amilopectina.

2.5.2.1.1. Función en la panificación

Durante la preparación de la masa para panificación, el almidón absorbe aproximadamente el 45% de agua y se considera que actúa como una carga inerte en la matriz continua de la masa Bloksma, (1990) citado en (Nora R., 2010).

El almidón en combinación de calor, la humedad y el tiempo durante el horneado, los gránulos de almidón gelatinizan (es decir, se hinchan y se solubilizan parcialmente), pero todavía mantienen su identidad granular. (Hug-Iten, Conde-Petit, & Echer, 2001)

Según Abdel-Aal, (2009) manifiesta que el almidón tiene un papel importante durante la cocción en el horno. Durante el horneado, la estructura de la miga se establece como un resultado de gelatinización del almidón que se encuentra para influir en el volumen de expansión de la masa y, finalmente, el volumen del pan y textura de la miga. Por lo tanto, las propiedades del almidón, tales como temperaturas de transición de gelatinización y viscosidad serían cruciales para determinar la textura y apariencia de los productos de panificación.

2.5.2.2. Producción de papa a nivel nacional

La siguiente tabla 3 presenta los valores de las hectáreas cultivadas en Ecuador.

Tabla 3: Hectáreas cultivadas de papa en Ecuador

Regiones	UPAs	Superficie sembrada
Sierra	82313	47043
Costa	316	245
Resto	129	205
Total nacional	82759	47494

Fuente: INEC-MAG-SICA, (2000)

2.5.2.3. Beneficios de la harina de papa

Favorece a la prevención de anemia y facilita la seguridad alimentaria en adultos y menores de edad, permitiendo mantener un estado nutricional adecuado.

Nutricionalmente brinda energía y nutrientes óptimos para el mejor desenvolvimiento de los menores de edad en el proceso de aprendizaje. Al poseer vitaminas tales como C, B1, B2, B6 es beneficioso para la salud. FAO (2008)

La harina de papa cumple grandes propiedades panificables, ya que aumenta la durabilidad y consistencia del pan; da un mejor sabor y cumple con las características de sabor, color de miga, textura de miga.

Ya que la papa tiene varias cualidades funcionales debido a su composición, por su alto contenido de almidón, lo hace propicio para la panificación. (Torres Rapelo, Montero Castillo, & Duran Lengua, 2013)

2.5.2.4. Propiedades nutricionales de la papa

La papa es más alta en masa seca y proteína por unidad de área de crecimiento que los cereales. Sin embargo, los consumidores a menudo tienen la impresión de que las papas te hacen engordar; que son altos en calorías y grasa en comparación con otras fuentes de carbohidratos como el arroz, la pasta o el pan. Esto es incorrecto como papa tiene una grasa despreciable y una densidad de energía baja similar a las legumbres. Los productos de papa y papa podrían reemplazar los

productos de cereales o cereales en muchos alimentos cocidos y procesados. (Donnelly & Kubow, 2011)

Los carbohidratos, principalmente el almidón, constituyen el 10-30% de la masa fresca total del tubérculo.

El contenido de fibra de las variedades de papa tiene valores entre 1% - 10% que fluctúa entre un 2% a 4% de materia seca Montaldo, (1984) citado por (Melian Subiabre, 2010)

El contenido de ceniza, la papa aporta cantidades variables de potasio, magnesio, fierro, fósforo y calcio. Es deficiente en fósforo y calcio pero muy abundante en potasio Kiee, Goic , & Siebald, (1987), citado en (Melian Subiabre, 2010). Por su parte Montaldo, (1984), citado en (Zuleta Azmitia, 2012) menciona que otros minerales que contiene el tubérculo son el sodio, hierro, aluminio, manganeso, cloro, azufre, silicio, que se hallan presentes en muy pequeñas cantidades.

2.5.2.5. Composición química y energética de la harina de papa

En la tabla 4, se describe la composición química y energética de la harina de papa.

Tabla 4: Composición química y valor nutricional de la papa

Valor nutricional por cada 100 g	
Energía	80 kcal -320 kJ
Carbohidratos	19.0g(1) - 20.4 (5)g
Fibra	0.4 (5) - 0.83 (6) - 1.40 (1) - 2.1(3)g
Cenizas	0.0(5) - 1.0 (3)(2)(5)g
Almidón	15.0(1) - 20(6) g
Grasas	0.09(6) - 0.10(1)(3) g
Proteínas	1.87(2) - 2.1(3) - 2.4(5)g
Lípidos	0.10(1) g
Agua	72.0 (1) - 76.2(5) - 78(3)(4) g
Provitamina A	0.04(5) - 5.00(1) mg
Tiamina (Vit. B1)	0.08(1) - 0.10(5) mg
Riboflavina (Vit.B2)	0.02(2)(5) - 0.03 (1) mg
Niacina (Vit. B3)	1.10(1) - 2.27(2) - 2.62(5)mg
Vitamina B6	0.25(1)mg
Vitamina C	13(2) - 20(1) - 27(5) mg
Vitamina K	0.08(1)mg
Calcio	5.0(2) - 6.0(5) -12.0(1)mg
Hierro	0.31(2) - 1.0(5) - 1.43(6) - 1.80(1)mg
Magnesio	23.0(1)mg
Fósforo	40(5) - 44(2) - 57.0(1)mg
Potasio	379(2) - 414.3(6) – 430 (1)mg
Sodio	6.00(1) – 7.0(4)mg

Fuente; **1)** (Pumisacho, 2008) **2)** (Prokop & Janice) **3)** (Norberto & E., s.f.)
4) (INFOAGRO, 2016) **5)** (Tabla de composición de alimentos ecuatorianos, 2009)
6) (Villacres et al, s.f.); (Bejarano, Bravo, Huamán, Huapaya, Roca, & Rojas, 2002)

2.5.3. HARINA DE GARBANZO

El garbanzo es una fuente muy reconocida de las proteínas de origen vegetal, especialmente en las áreas subdesarrolladas del mundo.

Contribuye a prevenir el colesterol, celiaquía, problemas cardíacos, circulatorios, prevención de estreñimiento y de diabetes. La harina de garbanzos es un alimento muy nutritivo, cualquier elaboración con esta harina proporciona altas dosis de proteína, minerales y fibra. Tiene alto contenidos de hidratos de carbono de

absorción lenta. Contiene un conjunto de vitaminas de tipo b que contribuyen a prevenir enfermedades hepáticas.

Garbanzo (*Cicer arietinum* L.) ocupando un segundo lugar de importancia se considera que sus proteínas son las de mayor valor nutritivo entre las leguminosas y fuente barata de proteína desde el punto de vista económico que se puede utilizar como un sustituto de proteína animal (Polo Chávez, 2012); (Aguilar Raymundo & Vélez Ruiz, 2013)

Las legumbres, como los garbanzos son una de los cultivos más importantes en el mundo debido a su calidad nutricional. Son ricas fuentes de complejo hidratos de carbono, proteínas, vitaminas y minerales Peralta & Veas, (2014) citado por (Jiménez Mazaran & Landa Robles)

2.5.3.1. Producción de garbanzo a nivel nacional

El espacio agrario está conformado por las zonas en las cuales la intervención humana determina el uso de suelo. Se considera dentro de este espacio a los diferentes cultivos de ciclo corto que se produce en diferentes zonas del país.

Tabla 5: Zonas cultivadas de garbanzo en Ecuador

Zona	Producción
Urcuqui Delicia de San Francisco	2,27 Tm
Urcuqui San Miguel de Cririyacu	28,41 Tm
Cantón Latacunga	Algunas zonas secas
*Parroquia de Cumbayá	se cultiva garbanzo

Fuente: MAGAP (2011); * P.D.O.T.P.C (2010)

2.5.3.2. Beneficios de la harina de garbanzo

La harina de garbanzo ha sido considerada como un elemento importante en la cocina hindú. Es rica en proteínas, carbohidratos, fibra, minerales y vitaminas. Se suele emplear en dietas sin gluten para sustituir la harina de trigo. (Barreto Martinez, 2015).

La inclusión de leguminosas en la dieta diaria tiene muchos efectos fisiológicos beneficiosos en el control y la prevención de diversas enfermedades metabólicas tales como diabetes mellitus, enfermedad cardiaca coronaria y cáncer de colon

(Sid-DEC et al., 2010). Citado por Kohajdová, et al (2011) de igual manera menciona Jukanti, Gaur, Gowda, & Chibbar, (2012) que el garbanzo tiene varios beneficios potenciales para la salud, que podrían tener efectos beneficiosos sobre algunos de las importantes humanas enfermedades como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo 2, enfermedades del aparato digestivo y algunos tipos de cáncer, además contribuye a prevenir el colesterol, celiaquía, problemas cardiacos, circulatorios, prevención de estreñimiento y de diabetes.

En general, el garbanzo es un cultivo importante de pulso con una diversa gama de potencial nutricional y beneficios para la salud.

2.5.3.3. Composición nutricional

La importancia nutricional del garbanzo ha hecho que este producto pase a formar parte de la dieta básica en numerosos países, de manera general se puede afirmar que el garbanzo es una fuente importante de carbohidratos y proteínas; constituyendo el 80% del peso seco de la semilla, sin embargo que su aceptabilidad se ve afectada por la presencia de factores anti-nutricionales. (Valencia Maldonado, 2009) cita a Clemente, (1992).

2.5.3.4. Almidón

El almidón de las leguminosas tiene una biodisponibilidad y una respuesta glucémica baja, por lo que se consideran beneficiosos para la salud, especialmente para la prevención de las enfermedades relacionadas con la resistencia a la insulina. (Utrilla Coello, SáyagoAyerdi, Bello Pérez, & Osorio Díaz , 2006).

El almidón es el principal componente de la semilla del garbanzo aproximadamente entre el 30 % al 50 %. Almidón que se constituye (20 % a 30 %) de amilosa, y el resto es constituido por amilopectina. esto se ha asociado con la digestibilidad del almidón, debido a que contiene almidón de menor digestibilidad (almidón resistente) en comparación con el almidón de los cereales (Osorio – Díaz, Agama – Acevedo, Mendoza – Vinalay, Tovar, Bello – Pérez, 2009); Jukanti et al., (2012) citado por (Aguilar Raymundo & Vélez Ruiz, 2013).

Algunos autores han reportado que el contenido de almidón total en la semilla de garbanzo en base seca y aproximadamente el 35% del almidón total se considera almidón resistente y el resto es el almidón disponible. El almidón resistente se refiere a todo almidón y los productos de degradación que se resisten a la digestión intestinal, pero se mantienen en el colon de los seres humanos, donde son fermentados por las bacterias presentes. (Topping & Clifton, 2001).

2.5.3.5. Proteína

Las características nutricionales del garbanzo lo sitúan como un alimento de buena calidad, considerando que su contenido de proteína se encuentra en un intervalo de 14,9 a 24,6% (Huisman y Van der Poel, 1994; Hulse, 1991; Iqbal et al.,2006) citado por (González Cruz, Filardo Kerstupp, Simitrlo Juárez Goiz, Guemes Vera, & Bernardino Nicanor, 2014).

De igual manera otros autores manifiestan que el contenido de proteína está entre el 14 % y 30 %, esto depende de la variedad y factores medioambientales. Las globulinas constituyen la parte mayoritaria en los cotiledones de la planta, las albuminas se encuentran constituidas principalmente por enzimas y factores anti-nutricionales (Valencia Maldonado, 2009) cita a Clemente, (1992).

2.5.3.6. Composición química y energética de la harina de garbanzo

En la tabla 6 se describe la composición química y energética de la harina de garbanzo.

Tabla 6: Composición química y valor nutricional del garbanzo

Valor nutricional por cada 100 g	
Energía	373 (kcal) - 364 (kcal) - 362 (kcal) - 1515 (kJ)
Carbohidratos	55 g - 60,65 (g) - 60,1 (g)
Fibra	15 g - 17,40 (g) - 2,6 (g)
Cenizas	3,0 g - 2,48 (g) - 3,2 (g)
Almidón	30(g)
Grasas	5,0 g - 6,04 (g) - 6,1 (g)
Proteínas	19,4 – 22,1 g - 19,30 (g) - 19,2 (g)
Lípidos	5 g
Agua	8,1 - 5,6 g - 11.53 (%) - 11,4 (g)
Tiamina (Vit. B1)	0,4 mg - 0,48 (mg) - 0,38 (mg)
Riboflavina (Vit.B2)	0,15 mg - 0,21 (mg) - 0,38 (mg)
ZNiacina (Vit. B3)	1,54 (mg) - 2,80 (mg)
Vitamina B6	0,53 mg - 0,54 (mg)
Vitamina C	4 mg - 5,40 (mg)
Vitamina E	2,88 mg
Calcio	145 mg - 105 (mg) - 120 (mg)
Hierro	6,7 mg - 6,24 (mg) - 8,30 (mg)
Magnesio	160 mg - 115 (mg)
Fósforo	375 mg - 366 (mg) - 370 (mg)
Potasio	797 mg - 875 (mg)
Sodio	26 mg - 24 (mg)
Zinc	0,8 mg - 3,43 (mg)

Fuente: (Bejarano, Bravo, Huamán, Huapaya, Roca, & Rojas, 2002);
Moreiras y col., (2013); Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009); Tabla de
Composición de Alimentos de Centroamérica INCAP (2012)

2.5.4. HIDROCOLOIDES

Las gomas o hidrocoloides son polisacáridos complejos de alto peso molecular. Están exentos de grasa, son solubles en agua y tienen la capacidad de formar geles. Debido a su capacidad de absorber hasta 100 veces su peso en agua, se utiliza como retenedores de humedad para evitar el envejecimiento de los productos. Al formar geles de alta viscosidad contribuyen a estabilizar la estructura de la masa. **(Layango Gallardo, Valverde Gonzalo, & Mayaute Dominguez, 2015)**

Estos polímeros producen un gran efecto sobre las propiedades como la textura, liberación de aroma y apariencia, que contribuyen a la aceptabilidad del producto para su consumo. Entre las gomas usadas en la industria de la panificación es la xanthan que se agrega a los alimentos para controlar la reología del producto final

Los hidrocoloides o gomas son un amplio grupo de polímeros de cadenas largas que se caracterizan por su propiedad de formar dispersiones viscosas y/o geles cuando se mezclan con agua Angioloni, (2013). Varios estudios han llevado a cabo la creciente importancia en la industria de la panificación como mejoradores.

2.5.4.1. Función de hidrocoloides en panificación

Los hidrocoloides son polímeros hidrófilos de origen vegetal, animal, microbiano, o sintético, material que generalmente contiene muchos grupos hidroxilo. Son ampliamente utilizados para formar las propiedades funcionales de los productos alimenticios (Phillips & Williams Peter A, 2000).

Los hidrocoloides frecuente, se añaden a los productos que contienen almidón, debido a su efecto deseable sobre la aceptabilidad de los sistemas alimentarios. Como se ve los hidrocoloides han sido ampliamente utilizados como aditivos para: mejorar la textura de los alimentos y características viscoelásticas Armero & Collar, (1996), citado en Larrosa, (2014), reducir la retrogradación de almidón Davidou, Le Meste, Debever, & Bekaert, (1996) citado en Larrosa, (2014); además actúan como sustitutos aglutinantes de agua; se extiende la calidad de los productos durante el almacenamiento y también actúan como sustitutos de gluten en la formación de pan sin gluten (Toufeili, Dagher, Shadarevian, Noured, Sarakbi, & Farran, 2005).

Además muestran buenas propiedades como sustitutos de las grasas en diferentes productos Albert & Mittal, (2002). A pesar de que los hidrocoloides están presentes en concentraciones menos del 1% que puede tener una influencia significativa en la textura y propiedades organolépticas de los alimentos.

2.5.4.2. Goma Xantano o Xanthan

Es un heteropolisacárido en cuya molécula se han podido identificar: D-glucosa, que constituye la cadena principal y moléculas de D-manosa y D-glucorónico

Fennema, (2000). Las ramificaciones de la molécula de xantano y las características uniónicas debidas a los radicales ácido favorecen la separación de las cadenas y su hidratación, consiguiendo la solubilización total de la macromolécula.

Debido a sus excelentes propiedades reológicas, la goma Xantano tiene una amplia aplicación como agente homogeneizador, estabilizador, emulsificador y espesador en la industria alimenticia, cosmética, farmacéutica, química, papelera y textil (Cubero, Monferrer, & Villalta, 2002).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Este proyecto se desarrolló en el laboratorio de Panificación de las Unidades Productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en el sector del camal, cantón de Ibarra y los respectivos análisis se evaluaron en el laboratorio de análisis físico-químicos de la misma institución.

En el departamento de meteorología INAMHI se recopiló la información sobre las características del área de estudio y están descritas en la tabla 7.

Tabla 7: Caracterización del Área de Estudio

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Latitud geográfica	00° 19' 47" N
Longitud geográfica	78° 07' 56" W
Altitud	2256 msnm
Temperatura Media (° C)	17,7
Mx. Absoluta (° C)	32,8
Mn. Absoluta (° C)	1,4
Humedad relativa del aire media (%)	72

Fuente: INAMHI (2015)

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Harina de trigo
- Harina de papa
- Harina de garbanzo
- Goma xanthan
- Azúcar
- Levadura
- Sal
- Grasa
- Agua

3.2.2. EQUIPOS

- Estufa
- Amasadora
- Balanza digital
- Horno semi-industrial
- Espectrofotómetro
- Texturómetro

3.2.3. INSTRUMENTOS

- Recipientes plásticos
- Cuchillos
- Coladores
- Cucharas
- Tina de plástico

3.3. MÉTODOS

En la investigación se utilizó (papa y garbanzo) obtenido del proceso de molienda este estudio empleo las harinas con tamaño de partícula sin homogenizar, además con el fin de aprovechar cada uno de los componentes presentes en la totalidad del producto de las materias primas utilizadas.

3.3.1. FACTORES EN ESTUDIO

Factor A: Porcentajes de mezclas de harinas de trigo, papa y garbanzo

Tabla 8: Porcentajes de mezclas de harinas para la elaboración de pan bajo en gluten

Mezclas	Harinas %		
	Papa	Trigo	Garbanzo
A1	60	20	20
A2	40	20	40
A3	20	20	60

Factor B: Goma xanthan

B1: 0,4%

B2: 0,7%

3.3.2. TRATAMIENTOS

Para la investigación se utilizó 6 tratamientos 1 testigo, con sus respectivas codificaciones según la siguiente tabla 9.

Tabla 9: Descripción de los tratamientos en el estudio de elaboración pan bajo en gluten

Trat.	Interacción	Descripción
T1	A1B1	60% de harina de papa, 20% harina de trigo, 20% harina de garbanzo con 0,4% xanthan
T2	A1B2	60% de harina de papa, 20% harina de trigo, 20% harina de garbanzo con 0,7% xanthan
T3	A2B1	40% de harina de papa, 20% harina de trigo, 40% harina de garbanzo con 0,4% xanthan
T4	A2B2	40% de harina de papa, 20% harina de trigo, 40% harina de garbanzo con 0,7% xanthan
T5	A3B1	20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4% xanthan
T6	A3B2	20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7 xanthan
T0	Testigo	100% harina de trigo

3.4. TIPO DE DISEÑO

Se utilizó un diseño completo al azar con un arreglo factorial A x B +1; consta de dos factores (A y B); siendo el factor A (mezcla de harinas de trigo, papa y garbanzo) con tres subniveles (A1, A2, A3), para el factor B (goma xanthan), constituye con dos subniveles B1 y B2. Además se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento y el tamaño por unidad experimental será de 60 g.

3.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Número de repeticiones:	Tres (3)
Número de tratamientos:	Siete (7)
Número de unidades experimentales:	veintiuno (21)
Unidad experimental:	Sesenta gramos (60 g)

3.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la tabla 10, se describe el esquema de análisis de varianza que se usó para la investigación.

Tabla 10: Esquema ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	20
Tratamientos	6
Factor a	2
Factor b	1
A x b	2
Testigo vs resto	1
Error experimental	14

Determinación del coeficiente de variación (CV) ecuación [1] en dónde: CM: cuadrado medio; E. Exp: Error experimental.

Coeficiente de variación

$$CV = \frac{\sqrt{C.M.E.EXP}}{x} 100 \quad [1]$$

3.4.3. ANÁLISIS FUNCIONAL

Para el análisis funcional, se aplicó un análisis de varianza para cada una de las variables de respuesta.

Para los tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5% y para los factores en los que se detectó significación estadística se empleó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Las variables no paramétricas análisis sensorial (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad) fueron analizadas empleando la prueba de Friedman al 5%.

3.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS EN ESTUDIO

La materia prima empleada en la investigación es procedente de diferentes regiones del país, para la caracterización físico químico de las materias primas: harina de trigo, harina de papa y harina de garbanzo, se evaluó el % de almidón, gluten, % de humedad, proteína, fibra, ceniza y su respectivo método de ensayo son descritos en la tabla 11.

Tabla 11: Parámetros analizados en la materia prima

PARÁMETRO	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad	AOAC 925.10
Proteína	AOAC 984.13
Almidón	Fehling
Fibra	AOAC 962.09
Cenizas	AOAC 923.03
Gluten	NTC 5746

Fuente: (A.O.A.C, 2000)

3.5.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS

3.5.1.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad se determinó en las materias primas (harina de trigo, harina de papa, harina de garbanzo), como en la masa de pan utilizando de acuerdo la metodología AOAC 925.10. Se pesó 100 g de muestra en una capsula de porcelana y se llevó a la estufa para ser secado a temperatura de 130 °C, durante 2,5 h a presión normal, hasta observar que el peso de la muestra se mantuviera constante. Finalmente se determinó el contenido de humedad mediante la ecuación 2.

$$\%H = \frac{PM-(PCM-PCV)}{PM} \times 100 \quad [2]$$

Dónde:

PM: peso muestra

PCM: peso del crisol con muestra

PCV: peso del crisol vacío.

3.5.1.2. Contenido de proteína

Se determinó el porcentaje de proteína tanto en la materia prima (trigo, papa y garbanzo) como en el producto final (pan), se utilizó la metodología según la norma AOAC 984.13 se pesó 100 g de muestra, luego se procedió a determinar el porcentaje de nitrógeno mediante el método Kjeldahl, utilizando la ecuación 3.

$$\%N = \frac{(v)(N)(0.014)}{P} \times 100 \quad [3]$$

Dónde:

v: mililitros de ácido clorhídrico gastado en la titulación

N: normalidad de la solución de ácido clorhídrico

P: peso de la muestra; 0,014: mili equivalentes del nitrógeno.

Una vez determinado el porcentaje de nitrógeno aplicó la ecuación 4 para establecer la cantidad de proteína en trigo, papa, y garbanzo así como en el producto terminado (pan).

$$\%P = \%N \times F \quad [4]$$

Dónde:

%N: porcentaje de nitrógeno

F: factor para transformar el contenido de Nitrógeno a Proteína. (6,25)

3.5.1.3. Contenido de almidón

Se utilizó la metodología Fehling para las materias primas (trigo, papa y garbanzo), así como también a la masa de pan y producto final (pan), para este análisis se pesó de 4 a 5 g de muestra sobre un papel, enrollarlo y colocarlo en un cartucho de celulosa, se tapó con un algodón (sin apretar el algodón contra la muestra) y colocó el cartucho en el extractor. Se conectó el matraz al extractor, se colocó el cartucho con la muestra, posteriormente se conectó éste al refrigerante. Se agregó dos cargas del disolvente (éter etílico) por el refrigerante y calentar el matraz hasta ebullición suave.

Una vez extraída toda la grasa, se retiró el cartucho con la muestra desengrasada, se siguió calentando hasta la casi total eliminación del disolvente, recuperándolo antes de que se descargue. Se retira el matraz y se seca el extracto en la estufa a 100°C por 30 min., se enfrió y pesó.

3.5.1.4. Contenido de fibra

Se utilizó la metodología según la norma AOAC 962.09 se determinó la fracción fibrosa de las materias primas (trigo, papa y garbanzo), en el residuo de la

digestión ácida y básica, filtración y posterior calcinación. Para lo cual se utilizó un sistema de reflujo cerrado y una mufla.

3.5.1.5. Contenido de cenizas

Según el método de la norma AOAC 923.03. Se procedió a tarar los crisoles, se pesó 5 g de muestra se carbonizó en el mechero y se llevó a la mufla hasta calcinación completa durante 5h a 650°C. Se aplicó la ecuación 5 para establecer el porcentaje de ceniza en trigo, papa y garbanzo.

$$\% \text{Ceniza} = \frac{P-p}{M} \times 100 \quad [5]$$

Dónde:

P: masa del crisol con las cenizas en gramos

p: masa del crisol vacío en g

M: masa de la muestra en g

3.5.1.6. Contenido de gluten

Se determinó en la materia prima trigo, papa y garbanzo así como en el producto final (pan) según el método NTC 5746, se colocaron 10 gramos de harina en los vasos del equipo (tamiz, malla y vaso de plástico). Luego se agregaron agua destilada, se amasó y se lavó la muestra durante un tiempo. El gluten obtenido se centrifugó, luego se registrara el peso total como gluten húmedo.

3.5.1.7. Textura

Para obtener el análisis de perfil de textura instrumental se hace mediciones basadas en la compresión de una muestra, para ello se utiliza un equipo denominado texturómetro del cual se obtiene una curva basada en las variables de fuerza- tiempo como se muestra en la figura 2. La altura del primer pico de compresión se define como dureza.

El test de compresión se realizó con la ayuda de una sonda de aluminio con un diámetro de 40 mm, velocidad de ensayo 1 mm/s, 15 mm de recorrido de deformación y la fuerza necesaria para comprimir 50N, se utilizó una muestra de

30 gramos de masa y de producto final. Los resultados de expresará en fuerza- n y milímetros de deformación.

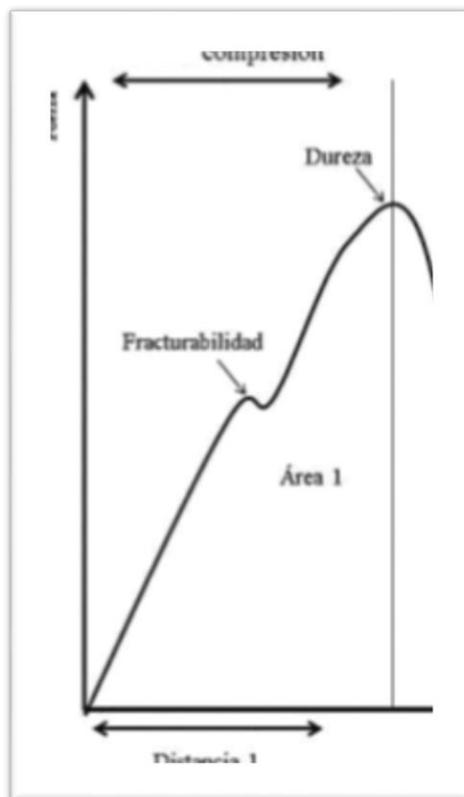


Figura 2: Grafica general del análisis del perfil de textura

Fuente: (Hleap & Velasco, 2010)

3.5.1.8. Color

El color se determinó en masa de pan como en el producto final pan se pesará (10 g) se determinará por reflexión con el equipo espectrofotómetro de reflectancia (Analiticjena), utilizando parámetros CIE $L^*a^*b^*$, con el iluminante C y ángulo estándar de observador de 2° . Los valores L^* corresponden a luminosidad del producto, que corresponden de rango 0 para negro y 100 para blanco, los valores a^* describen la rojez (+) / verde (-) y los valores b^* describen amarillez (+) / coloración azulada (-). Además, el ángulo ($^\circ$) será calculado con $\tan^{-1}(b^*/a^*)$. (Valero Muñoz, 2013), (León, Domingo, Pedreschi, & León, 2006)

Luminosidad (L^*).- Permite conocer la intensidad luminosa del color ecuación 6, es decir el grado de claridad del colorante, mediante un rango de L^* que va

desde $L=0$; que representa al color negro u oscuros y un $L=100$; que representa al color blanco o claros. (Vásquez Riascos, 2015)

$$L^* = 116\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad [6]$$

Dónde:

Y/Y_n = son los valores para un blanco de referencia para el iluminante.

Ángulo de la medición polar (h°).- El ángulo de tono es el color y se refiere al tipo de longitud de onda reflejada o frecuencia de las ondas electromagnéticas de cada color ecuación 7. El ángulo de tono se define comenzando en el eje $+a^*$ y se expresa en grados: 0° es $+a^*$ (rojo), 90° es $+b^*$ (amarillo), 180° es $-a^*$ (verde) y 270° es $-b^*$ (azul).

Para realizar el cálculo de h° , se necesitó conocer los valores del eje a^* y b^* que fueron obtenidos directamente por colorimetría y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad [7]$$

Croma (C).- Con este valor calculado se pudo determinar la pureza o la intensidad del colorante y se obtuvo por medio de la siguiente ecuación 8: (Vásquez Riascos, 2015)

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad [8]$$

Dónde:

a^* = eje rojo - verde valores positivos corresponden a rojo y los negativos al color verde

b^* = eje azul – amarillo valores positivos corresponden a amarillo y los negativos al azul

El espacio de color CIE LAB define un espacio de coordenadas L^* , a^* , b^*

3.5.1.9. Recuento de mohos y levaduras

Se determinará al producto final (pan) aplicando según el método señalado en la norma NTE INEN 1 529-10:98. Este método se basa en el cultivo entre 22° C y 25° C de las unidades propagadoras de mohos y levaduras, utilizando la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad y un medio que contenga extracto de levadura, glucosa y sales minerales. Cálculo del número (N) de unidades propagadoras (UP) de mohos y/o levaduras por centímetro cúbico ó gramo de muestra. Calculará según la siguiente ecuación 9 en dónde; N: unidades propagadoras (UP) de mohos y/o levaduras; $\sum C$: suma de las colonias contadas o calculadas en todas las placas elegidas; n_1 : número de placas contadas de la primera dilución seleccionada; m_2 : número de placas contadas de la segunda dilución seleccionada; d: dilución de la cual se obtuvieron los primeros recuentos, por ejemplo 10^{-2} ; V: volumen del inóculo sembrado en cada placa.

Unidades de propagadoras (UP) de mohos y/o levaduras

$$N = \frac{\text{número total de colonias contadas o calculadas}}{\text{cantidad total de muestra sembrada}} \quad [9]$$

$$N = \frac{\sum C}{V(n_1 + 0,1m_2)d}$$

3.5.1.10. Análisis sensorial

Según Costell, (2001) manifiesta que el proceso por el que el hombre acepta o rechaza un alimento tiene un carácter multidimensional con una estructura dinámica y variable. Considerando que la percepción humana es el resultado conjunto de la sensación que le hombre experimenta y de cómo él la interpreta, en este trabajo se comenta el papel de los principales factores que influyen en la aceptabilidad el alimento, el hombre y su entorno y se pone de manifiesto la necesidad de abordar su estudio desde una perspectiva multidisciplinaria.

En la actualidad no existe ningún instrumento que sea capaz de remplazar a la agudeza humana en la evaluación sensorial, por lo tanto los panelistas son un instrumento científico. (Flores Vera, 2015).

Se determinó con un panel de 15 degustadores que según su apreciación y siguiendo las normativas de degustación evaluarán la calidad del producto, se procedió a evaluar: sabor y olor; se encargarán de calificar según sus preferencias se comparará el pan elaborado con un testigo comercial.

- **Color:** Fenómeno que involucra componentes físicos y psicológicos.
- **Olor:** El olor debe ser característico al del pan recién horneado, fresco, libre de olores extraños o rancios. Se aplicará un cuestionario con una escala hedónica para la obtención de los resultados de los diferentes tratamientos.
- **Sabor:** Su sabor no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez. Se aplicará un cuestionario con una escala hedónica para la obtención de los resultados de los diferentes tratamientos.
- **Textura:** La textura es un criterio que se utiliza para caracterizar, aceptar y/o rechazar el alimento.
- **Aceptabilidad:** Proceso por el cual el hombre acepta o rechaza un alimento.

Para establecer diferencias estadísticas entre tratamientos se utilizará la prueba de Friedman al 5%, utilizando la ecuación 10 en donde; χ^2 : Chi cuadrado; 12: constante; R^2 : Sumatoria de los rangos al cuadrado; r: número de degustadores; t: número de tratamientos.

Friedman

$$\chi^2 = \frac{12}{rt(t+1)}R^2 - [3r(t+1)] \quad [10]$$

3.6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN

El diagrama de proceso para la elaboración del pan se puede observar en la figura 3, las actividades realizadas fueron las siguientes:

- a) **Recepción materia prima:** La materia prima e insumos que se utilizaron en el experimento se adquirieron en centros comerciales locales.



Figura 3: Recepción materia prima e insumos

- b) **Pesado:** Para el pesado de la materia prima (harina de trigo, harina de papa y harina de garbanzo) se utilizó una balanza digital, se pesó las cantidades necesarias de cada materia prima e insumos para cada tratamiento.



Figura 4: Pesado de las materias primas

- c) **Mezclado:** Se realizó durante 5 minutos, en un recipiente plástico, se procedió a colocar la mezcla de los ingredientes húmedos las harinas de trigo, papa, garbanzo, la sal, azúcar, la goma xanthan, luego se agregó los ingredientes húmedos, la levadura, la grasa y el agua de acuerdo a los porcentajes establecidos en las formulaciones. Posteriormente. se procedió a realizar una mezclar durante 12 minutos hasta obtener una masa consistente homogénea y de fácil manipulación.



Figura 5: Mezcla de los ingredientes húmedos y secos

- d) **Fermentación:** La masa se colocó en una mesa previamente limpia y engrasada, aquí se dejó en reposo durante 15 minutos cubierta con una funda plástica. Para el control de temperatura de fermentación se utilizó un termómetro la temperatura óptima para el crecimiento y la reproducción de la levadura oscila entre 26 y 30 °C.



Figura 6: Fermentación inicial de la masa

- e) **Boleado:** Transcurrido el tiempo de fermentación inicial, se procedió a pesar y bolear cada porción de masa. El proceso radica en dividir manualmente la masa, pesarlas y convertir las porciones en bolas, cuyo peso unitario fue de 60 gramos aproximadamente, posteriormente moldear cada una de ellas dándoles la forma comercial del pan.

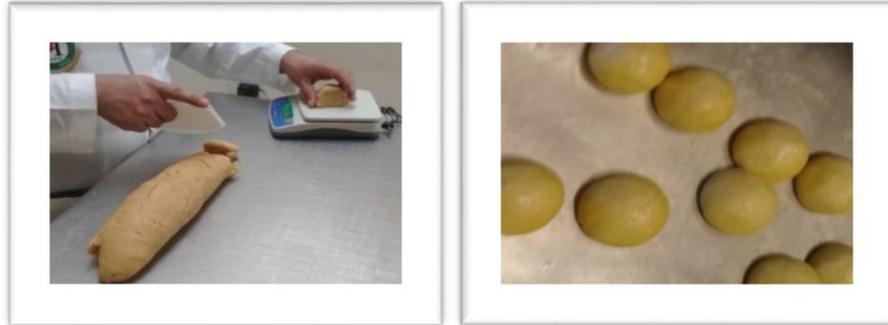


Figura 7: Pesado y boleado de las masas

- f) **Fermentación final:** Las masas una vez boleadas, se las dejó en reposo para que ocurra la segunda fermentación por un tiempo de 30 minutos a 30 °C, posteriormente se recubrió con plástico para mantener la temperatura de las mismas.



Figura 8: Segunda fermentación de la masa

- g) **Horneado:** El horneado es otra operación importante en la elaboración del pan, donde, el pan cambia sus características tales como: color, suavidad, apariencia y composición química, por efectos del calor, que se transmite por medio del aire. De tal manera que las bandejas con el pan moldeado se introdujo al horno por un tiempo de 20-25 minutos, en el cual la temperatura de horneado fue aproximadamente de 180° C.



Figura 9: Horneado del pan

- h) **Reposo:** El pan se extrajo del horno y desde ese momento, inicia su etapa de envejecimiento por cuanto la corteza se hará dura y correosa. Es conveniente asegurar que el pan sea enfriado en un área cercana al horno por un tiempo aproximado de 15 minutos; de lo contrario el vapor que acompaña al pan caliente lo volverá pastoso si es que se aplica un cambio brusco de temperatura.



Figura 10: Enfriado del pan

- i) **Enfriamiento:** Transcurrido los 15 minutos de reposo del pan cerca al horno, la bandeja se colocó en otro lugar para que se enfrié al medio ambiente (18-20°C aprox.), para posteriormente envasarlos. El pan se colocó en recipientes plásticos, en un lugar fresco a temperatura ambiente para ser expandido inmediatamente.



Figura 11: Empacado del pan

3.6.1. DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL PAN CON BAJO CONTENIDO DE GLUTEN

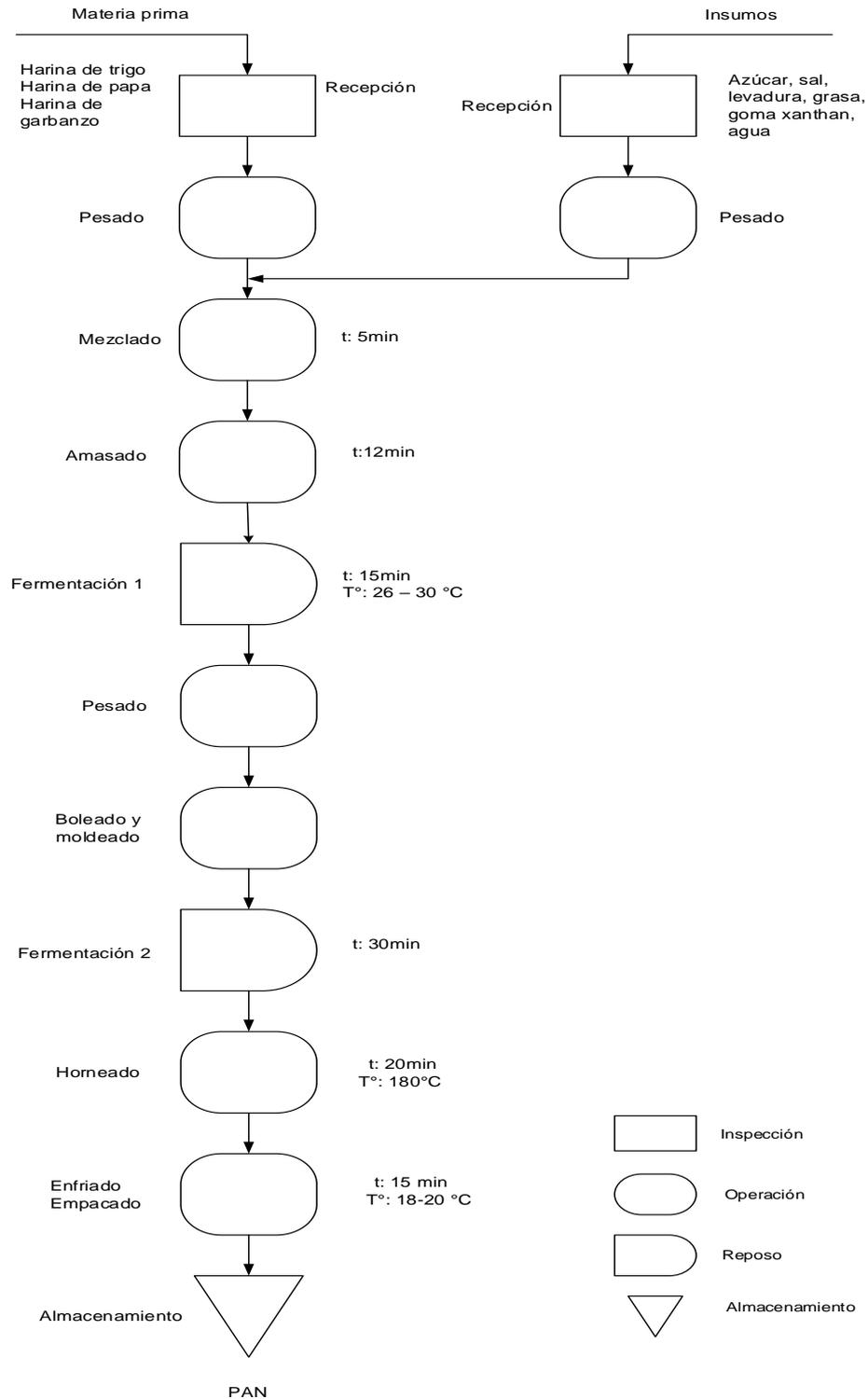


Figura 12: Diagrama de proceso para la elaboración del pan

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA TRIGO, PAPA Y GARBANZO

4.1.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

Los resultados de los análisis físicos químicos a la materia prima se realizaron aplicando los métodos establecidos por la AOAC (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) para determinar cuantitativamente estos parámetros, como se demuestra en la tabla 12.

Tabla 12: Resultados de los análisis fisicoquímicos de materia prima

Parámetros	Unidades	Trigo	Papa	Garbanzo
Humedad	%	12,00	6,50	11,50
Proteína total	%	10,17	8,70	16,80
Cenizas	%	0,67	4,34	2,53
Fibra Bruta	%	1,15	1,69	2,41
Gluten seco	%	10,30	0	0
Gluten húmedo	%	31,20	0	0
Almidón	%	29,40	31,30	31,50

Fuente: Laboratorio de Análisis Físicos, Químico y Microbiológicos (FICAYA– UTN)

Se puede apreciar en la tabla 12, el análisis proximal de las diferentes muestras de harinas de cereal, tubérculo y leguminosa.

Para la harina de trigo el contenido de humedad fue de 12%, para la harina de papa fue de 6,5% y para harina de garbanzo fue de 11,5%, con estos valores las materias primas se encuentra dentro de la norma NTE INEN 3084:2015 que establece que la humedad no debe ser mayor al 14,5%. En cuanto al contenido de proteína fue de 10,17%, ceniza 0,70%, fibra 1,15% y almidón fue de 29,40%, Los cuales cumplen con lo especificado dentro de la norma (NTE INEN 616, 2015).

En cuanto al contenido de gluten la harina presento un 10,30% de gluten seco y 31,20% de gluten húmedo, encenrándose dentro de lo normal ya que las harinas comerciales tienen entre 9,5% a 11,5% de gluten seco y entre 28,5% a 34,5% de gluten húmedo (Calaveras, 2004; Sagarpa, 2006) citado por (Ponce Ramírez, Málaga Juárez, Huamani Huamani, & Chuqui Diestra, 2016)

Para la harina de papa el contenido de proteína fue de 8,7 %, ceniza 4,34 %, fibra 1,69 % en comparación con la investigación realizada por Sandoval Chasi, (2011) en el que trabajó con harina de papa encontró los siguientes resultados: proteína 8,40%, ceniza, 4,38%, fibra 1,66%, donde se puede señalar que sus valores son aproximados a los de la investigación realizada.

Para la harina de garbanzo los resultados obtenidos fueron para proteína 16,8%, ceniza 2,53%, fibra 2,41% y almidón 31,50%, en comparación con la investigación donde se trabajó con harina de garbanzo, González Toro, (2012) encontraron el siguiente análisis proximal: proteína 25,5 %, ceniza 2,8%, almidón 51,2%. Además, Kaur & Singh, (2005) reportaron que la variedad de garbanzo afecta la composición de la harina.

El alto contenido de proteínas no formadoras de gluten en las harinas de garbanzo, ocasionan un interrupción en la adecuada formación de la red de gluten, por lo que disminuye la resistencia y la viscosidad de la masa, por otra parte cualquier masa que se elabore con estas harinas (Da Silva, Gonçalves, De Sousa e Silva, Ribeiro, & De Paula, 2013).

Vale destacar que la harina de garbanzo posee un alto contenido en proteínas hidrosolubles alrededor de 14,62%, de modo que el 10,54% son globulinas y el 4.08% albuminas. Da Silva, Neves, & Lourenço, (2001), a diferencia de la harina

de trigo que tiene un valor menor esta alrededor de 1,61% de proteínas hidrosolubles García & Carbonero, (1983) citado en (Hoyos Sánchez & Palacios Peña, 2015).

Los resultados de las harinas obtenidos de la composición proximal indican que son materias primas con potencial para ser incorporadas en la elaboración de diferentes productos alimentarios y lograr un producto con alto valor nutricional.

4.2. ELABORACION DE LA MASA BAJO EN GLUTEN

4.2.1. ANÁLISIS DE LA MASA

Inicialmente, en el desarrollo del experimento se caracterizó la masa obtenida de las formulaciones de acuerdo a las variables de textura, humedad, almidón y luminosidad (L^*), para reconocer si la masa de los tratamientos que contiene harina de trigo, harina de papa y harina de garbanzo, presentan características similares o diferentes a la masa del tratamiento testigo del pan común.

4.2.2. TEXTURA EN LA MASA DE PAN

A continuación, en la tabla 13, se presenta los valores de textura evaluados a la masa de todos los tratamientos.

Tabla 13: Resultados de textura masa de pan

Nº	Tratamiento	R1	R2	R3	Sumatoria Σ	Media \bar{x}
T1	A1B1	45,31	44,73	44,87	134,91	44,97
T2	A1B2	44,30	45,87	45,80	135,97	45,32
T3	A2B1	45,70	45,42	45,47	136,59	45,53
T4	A2B2	45,78	45,66	45,40	136,84	45,61
T5	A3B1	45,70	45,68	45,72	137,10	45,70
T6	A3B2	45,86	45,75	45,81	137,42	45,81
T0	Testigo	46,58	46,50	46,61	139,69	46,56

El contenido de textura de masa oscila entre 44,30N a 45,87N. El tratamiento con mayor contenido de textura fue T0 y el menor fue de T1.

Los resultados de ADEVA, registrados en la Tabla A1 (ver anexo), se puede apreciar los valores que se obtuvieron para el análisis de varianza de textura.

En el análisis de varianza realizado para la textura en la masa de pan se aprecia que existe significación estadística para los tratamientos, en cuanto para el factor A, para el factor B y la interacción del factores A*B no existe significación estadística.

En la tabla 14, se representan los resultados de textura expresado en Newton (N) evaluados a la masa de todos los tratamientos.

Tabla 14: Tukey para Tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	TUKEY
T0 Testigo	46,56	a
T6	45,81	a b
T5	45,70	a b
T4	45,61	a b
T3	45,53	a b
T2	45,32	b
T1	44,97	b

En la Tabla 14, se encuentran registrados los valores promedios obtenidos de la fuerza de compresión para las masas de los panes, elaboradas con harina de trigo y con las diferentes harinas compuestas. De acuerdo a la Prueba de Tukey 5% realizada a los tratamientos, dio como resultado dos rangos a y b, donde el valor del rango a indica que el tratamiento con mayor textura en la masa de pan, el cual, fue el siendo el T0 (testigo), reporto el valor más alto de 46,56 N y los valores menores de textura, es decir más suaves se identificaron los tratamientos T2 con 45,32 N y T1 con 44,97 N.

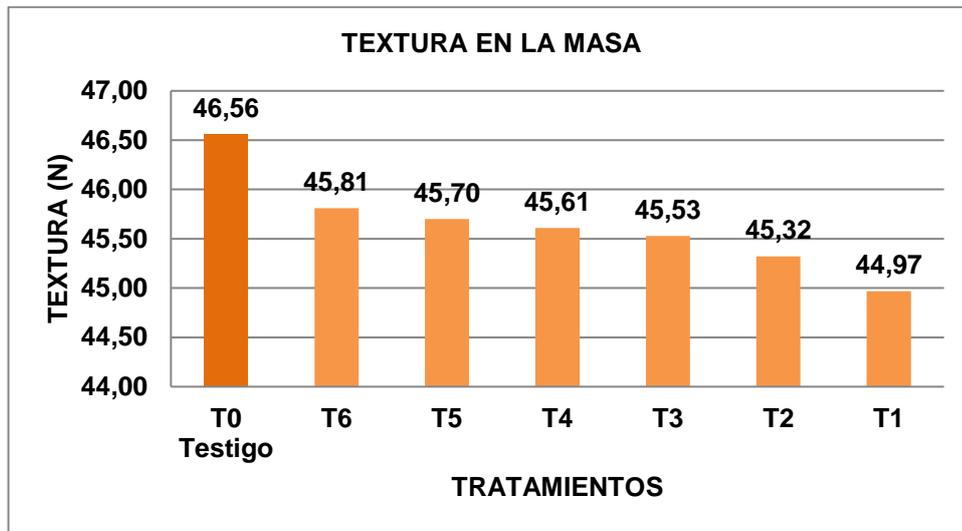


Figura 13: Comportamiento de las medias en la textura en la masa de pan

Mediante la figura 13, se demostró que la inclusión de la mezcla de harinas genera diferencia en la fuerza de compresión de las masas de pan, en comparación con la masa elaborada con el 100% harina de trigo. Se observó que en las masas para panes una disminución de la fuerza de compresión a medida de que se aumentaba el porcentaje de sustitución.

La fuerza de compresión fue mayor en la masa de pan 100% harina de trigo, debido a la adecuada formación del gluten, que forma una parte importante en la elaboración de un buen producto panificable. Se puede sustentar esta información con la investigación realizada por (Hoyos Sánchez & Palacios Peña, 2015) en la que manifiestan que la fuerza de compresión fue considerablemente mayor en la masa para pan blanco, debido a la adecuada formación de la red de gluten.

Con respecto a los tratamientos T6, T5, T4, T3, T2, T1, en las masas para panes elaboradas con las de harinas compuestas, se observó una disminución de la fuerza de compresión a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución de harina compuesta en la formulación, se puede señalar que esto se atribuye principalmente al incremento del contenido de fibra y a las proteínas no formadoras de gluten en la masa. Es importante agregar que el debilitamiento de la masa es consecuencia de la adición de proteínas vegetales que provienen de la sustitución de proteínas de gluten por las proteínas vegetales que no forman gluten

causan un efecto de dilución y en consecuencia debilita la masa (Mohammed, Ahmed, & Senge, 2012).

Esto confirma los datos de la literatura que las dos fracciones de proteína (gliadina y glutenina) deben estar presente para el desarrollo óptimo de la red de gluten en un determinado proporción.

4.2.3. ANÁLISIS DE HUMEDAD EN MASA DE PAN

En cuanto al contenido de humedad en masa de pan cuyos valores se presentan en la siguiente tabla 15.

Tabla 15: Resultados de humedad masa de pan

Nº	Tratamiento	R1	R2	R3	Sumatoria Σ	Media \bar{x}
T1	A1B1	30,63	30,69	30,68	92,00	30,67
T2	A1B2	30,95	30,98	30,92	92,85	30,95
T3	A2B1	31,62	31,66	31,59	94,87	31,62
T4	A2B2	32,20	32,24	31,98	96,42	32,14
T5	A3B1	32,70	32,74	32,71	98,15	32,72
T6	A3B2	33,15	33,09	33,12	99,36	33,12
T0	Testigo	41,89	42,74	41,67	126,3	42,10

El contenido de humedad en la masa de pan oscila entre 42,74% a 30,63%. El tratamiento con mayor contenido de humedad fue T0 (testigo) y el menor fue el T1.

Los valores obtenidos en el cálculo del análisis de varianza de la humedad se expresan en la Tabla A2 (ver anexo).

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se encuentra una variación altamente significativa entre los tratamientos, para el factor A y B, para la interacción de los factores AxB no presenta significación estadística. Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para factores.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor A se ilustran en la tabla 16.

Tabla 16: DMS para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	32,92	a
A2	31,88	b
A1	30,81	c

La prueba DMS para el factor A, el cual representa el porcentaje de sustitución de la mezcla de las harinas de (trigo, papa y garbanzo), demostró que existe una alta significación estadística para los niveles de mezcla, ya que con el nivel A3 se obtuvo un valor de humedad alto de 32,92% el mismo que pertenece a los tratamientos T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) y T5 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4% xantha). Lo que significa que la incorporación de harina de garbanzo influyó en la absorción de agua esto se debe a que la fibra de la harina de garbanzo presentó valores más altos 2,41% comparados con las otras harinas utilizadas.

Tabla 17: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	32,07	a
B1	31,67	b

Al realizar la prueba DMS para el factor (B) Tabla 17, se encuentra diferencia estadística entre los niveles del factor B siendo la media para B2 con 32,07%, es decir que en el factor B2 utilizado el 0,7% de goma xanthan permite obtener mayor cantidad de humedad en la masa de pan.

Tabla 18: Tukey para Tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	TUKEY
T0 Testigo	42,10	a
T6	33,12	b
T5	32,72	b c
T4	32,14	c d
T3	31,62	d
T2	30,95	e
T1	30,67	e

De acuerdo a la Prueba de Tukey 5% de la variable de humedad para los tratamientos, se identificó que el tratamiento T0 (testigo) (100% trigo), reportó un valor de 42,10% más alto, seguido del tratamiento T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha). Los valores de menor humedad se identificaron en los tratamientos T2 (60% de harina de papa, 20% harina de trigo, 20% harina de garbanzo con 0,7% xantha) y T1 (60% de harina de papa, 20% harina de trigo, 20% harina de garbanzo con 0,4% xantha).

En la figura 14, se presentan los valores obtenidos de humedad en masa de pan, los valores están expresados en porcentajes.

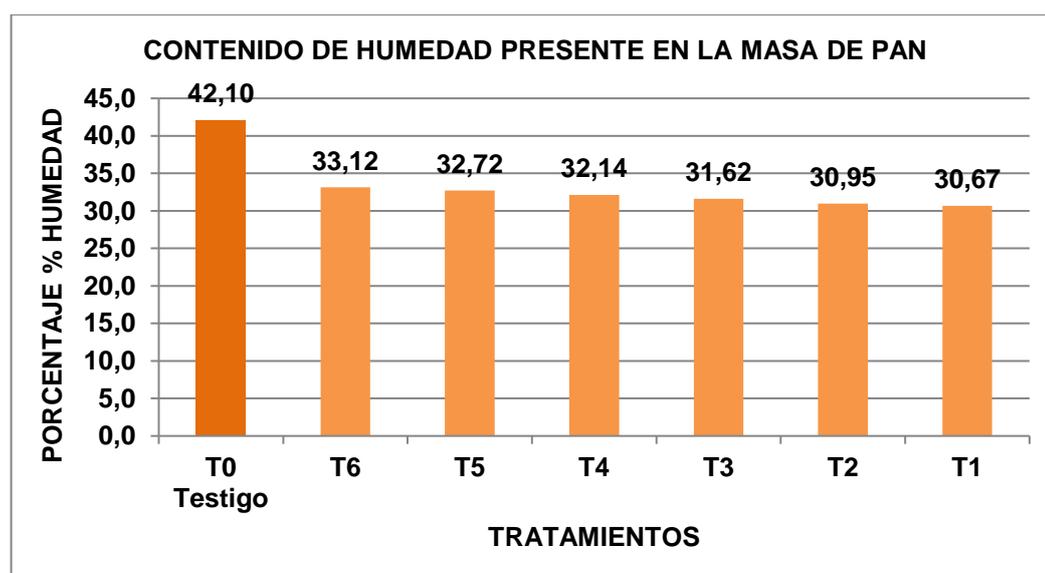


Figura 14: Comportamiento de las medias en las masas de pan

Los valores de humedad de la masa de los tratamientos se observan porcentajes entre 42,10% a 30,67%, sin embargo el T0 (Testigo) tiene una porcentaje muy alto de 42,10%, esto se debe a que las proteínas del gluten, gliadinas y gluteninas, necesitan agua en la etapa del amasado para desarrollar una red elástica y cohesiva capaz de retener los gases durante la fermentación y producir piezas de pan Payehuanca Mamani & Matos Chamorro, (2011), además, es importante agregar, que de acuerdo a la investigación realizada por Torres & Pacheco de D, (2007) manifiesta que el cambio de humedad está asociada a la alta capacidad que tiene el almidón de trigo de absorber mayor cantidad de agua.

Por otra parte, en las masas compuestas por: (harina de papa, harina de trigo, harina de garbanzo con xantha) de los tratamiento T6 al T1, se observa que la absorción de humedad fue mayor para T6 y T5 con un promedio de 33,12% y 32,72% respectivamente, Sin embargo, al comprar con las investigaciones realizadas por Pascual Chagman & Zapata Huamán, (2010) y Mohammeda, Ahmed, & Senge, (2012) se puede observar que obtuvieron valores superiores de humedad en las masa de pan que van de 39% a 40% y 58% a 63% respectivamente, es importante agregar que esto se debe a la capacidad que tiene el almidón del garbanzo y de igual manera la goma xanthan que contribuyen al aumento de la absorción de agua en la masa.

4.2.4. ANÁLISIS DE ALMIDÓN EN MASA DE PAN

En cuanto al contenido de almidón en masa de pan cuyos valores se presentan en la siguiente tabla 19.

Tabla 19: Resultados de almidón masa de pan

Nº	Tratamiento	R1	R2	R3	Sumatoria Σ	Media \bar{x}
T1	A1B1	27,68	27,65	27,73	83,06	27,69
T2	A1B2	27,78	27,82	27,84	83,44	27,81
T3	A2B1	28,38	28,40	28,44	85,22	28,41
T4	A2B2	29,28	29,33	29,32	87,93	29,31
T5	A3B1	30,47	30,67	31,36	92,50	30,83
T6	A3B2	31,48	31,51	31,49	94,48	31,49
T0	Testigo	26,68	26,61	27,73	81,02	27,01

El contenido de almidón en la masa de pan oscila entre 26,68% a 31,49%. El tratamiento con mayor contenido de almidón fue el T6 y el menor fue T0 (Testigo).

Los valores obtenidos en el cálculo del análisis de varianza del almidón están registrados en la Tabla A3 (ver anexo).

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se encuentra una variación altamente significativa entre los tratamientos, para el factor A y B, para la interacción AB interacción no significativa. Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para factores.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor A se ilustran en la tabla 20.

Tabla 20: DMS para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	31,16	a
A2	28,86	b
A1	27,75	c

En los resultados de la prueba se encuentra diferencia estadística para el factor A, siendo los valores de A3 el más alto, los mismos que pertenecen a los tratamientos T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) y T5 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4% xantha), cuyo valor se debe gracias al aporte del garbanzo 31,16%.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 21.

Tabla 21: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	29,54	a
B1	28,98	b

Al realizar la prueba DMS para el factor B de goma xanthan, demuestra una diferencia estadística para el nivel B2, ya que presento un valor de 29,54%, esto puede deberse a que el aditivo que se empleó es extraído a partir de ingredientes

de origen natural como es del almidón de maíz, por la bacteria xanthomonas capestris.

Tabla 22: Tukey para Tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	TUKEY
T6	31,49	a
T5	30,83	a
T4	29,31	b
T3	28,41	c
T2	27,81	c
T1	27,69	c d
T0 Testigo	27,01	d

De acuerdo a la prueba de Tukey 5% de la Tabla 22, presentó diferencia significativa entre los tratamientos presentaron cuatro rangos a, b, c y d: los valores correspondientes al rango **a** los que contienen mayor cantidad de contenido de almidón en la masa de pan siendo T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) y T5 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4% xantha), y con el valor bajo más bajo de almidón es el T0 (Testigo), en la figura 15 se ilustran los resultados.

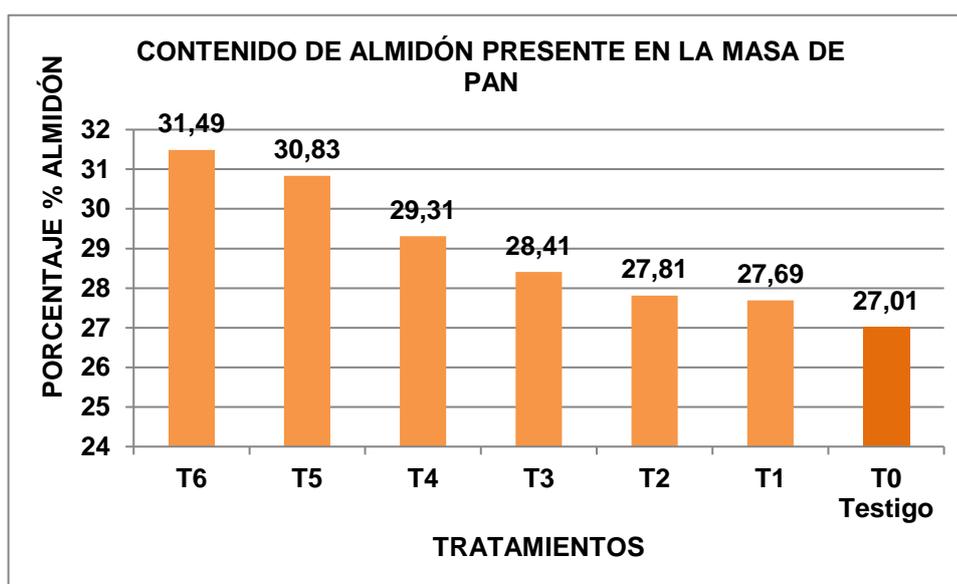


Figura 15: Comportamiento de almidón en masa de pan

En la figura 15, permite apreciar el contenido de almidón presente en la masa de pan en cada uno de los tratamientos. Los valores obtenidos varían en un rango de 27,01% a 31,49%.

A partir de los resultados obtenidos tabla 12, en el análisis proximal de las harinas se observó que la harina de garbanzo tiene un alto contenido de almidón de 31,50%, en comparación con las otras harinas utilizadas fueron menores por lo que, para la elaboración de la masa de panes se observó que al utilizar diferentes porcentajes de harina de garbanzo, harina de papa y harina de trigo es decir, que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución de la harina de garbanzo presentaron valores más altos en el contenido de almidón en la masa de pan.

4.2.5. CARACTERÍSTICAS DEL COLOR EN MASA DE PAN

Para conocer la propiedades físicas del color y al ser uno de los aspectos importantes para la aceptación o rechazo de un producto se valoraron los atributos del color, evaluándose las características colorimétricas, como son luminosidad (L*), componente a* que representa la diferencia entre rojo - verde y el componente b* que representa la diferencia ente azul – amarillo; así mismo, el parámetro Cromo (C) y el ángulo del color (Hue) que fueron calculados a partir de a* y b*.

Tabla 23: Resumen de resultados evaluados en la masa de pan de los tratamientos

COLOR MASA			
Tratamiento	Luminosidad (L*)	Hue (°)	Croma
T0 Testigo	98,23	105,82	14,85
T6	73,34	99,22	47,12
T5	72,90	97,55	34,56
T4	72,68	96,64	29,75
T3	70,00	96,05	28,35
T2	69,51	95,50	25,47
T1	69,45	94,42	21,32

Los resultados tabla 23, muestra que la luminosidad de la masa de pan osciló entre 69,45L* a 98,23L*. En cuanto al valor del ángulo de tono, se observó que el

testigo obtuvo un valor Hue de 105,82° que es superior y diferente al resto de tratamientos, lo que indica que tiende al color amarillo, mientras que los tratamientos T6 al T1, presentan un tono más amarillo. Los valores de Croma presenta una diferencia significativa entre tratamientos con rango entre 14,85 y 47,12 esto muestra que el color de la masa de pan presenta tonos claros.

El análisis estadístico mostró que hubo diferencia significativa de los distintos tratamientos sobre los parámetros de color L*, Hue y crom. En cambio con el factor A para L* y crom. hubo diferencia significativa para los distintos tratamientos en cuanto al parámetro de color Crom. no se encontró diferencia significativa como se muestra en la Tabla A4 (ver anexo).

Los resultados de la prueba de DMS Luminosidad para el factor A se ilustran en la tabla 24.

Tabla 24: DMS Luminosidad L* para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	73,12	a
A2	71,34	b
A1	69,48	c

Realizada la prueba se encuentra diferencia significativa para el factor A siendo los valores más altos el A3, los mismos que pertenecen a los tratamientos T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) y T5 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4% xantha), lo que nos indica que posee mayor intensidad lumínica con un valor de L*= 73,12 considerándose un color brillante, generando un aumento de luminosidad debido al alto porcentaje de sustitución de la harina de garbanzo, por otra parte, los tratamientos A2 y A1 presenta una tonalidad brillante con valores inferiores de L*= 71,34 y L*= 69,48 respectivamente. La diferencia en el valor de la luminosidad de la masa de pan podemos agregar que esto se debe a los diferentes porcentajes de sustitución de las harinas.

A continuación, en la tabla 25, se observa los resultados de los parámetros de color L*, que se evaluaron en la masa de todos los tratamientos.

Tabla 25: Tukey para Tratamientos Luminosidad (L*)

TRAT.	Luminosidad L*	
T0 Testigo	98,23	a
T6	73,34	b
T5	72,90	b c
T4	72,68	b c
T3	70,00	c d
T2	69,51	d
T1	69,45	d

La prueba de significación de Tukey para luminosidad se indica que para los tratamientos se presentaron rango a, b, c, d: los valores correspondientes al rango **a** son los que tienen mayor luminosidad en masa de pan siendo T0 (testigo) (100% trigo) (98,23 L*) en cambio para los demás tratamientos la luminosidad (L*) disminuyó a medida que el porcentaje de sustitución de la harina de garbanzo va disminuyendo de (73,34 L*) al (69.45 L*). Por lo tanto, se observó que los valores no son uniformes en comparación con el testigo (100% trigo). Lo que indica que existe una variación de color en la masa de pan.

Se observó que con la incorporación de la mezcla de las harinas se evidencia que hay una mínima tendencia al oscurecimiento a medida se aumenta porcentaje de la harina de garbanzo, estos resultados siendo semejantes con (Cueto, Pérez, Borneo, & Ribotta, 2011).

Los resultados de la prueba de DMS Hue para el factor A se ilustran en la tabla 26.

Tabla 26: Dms Hue para Factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	98,38	a
A2	96,35	b
A1	94,96	b

La prueba DMS del factor A presento diferencia estadística significativa para el nivel A3 encontrando un valor de 98,38° Hue presenta mayor ángulo del color oscura en la masa de pan esto se deben a la harina de garbanzo. Por otra parte los

tratamientos A2 y A1 presentan el mismo rango por lo tanto presentan la mismo ángulo de color en la masa de pan este resultado influye mucho por los porcentajes de sustitución de las harinas fueron menores.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 27.

Tabla 27: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	97,12	a
B1	96,00	b

Al realizar la prueba DMS para el factor B, demuestra una diferencia significativa para el nivel B2, ya que presentó un valor de 97,12° Hue y empleando el nivel B1 se obtuvo un valor menor de 96,00° Hue.

Tabla 28: Tukey para Tratamientos Hue

TRAT.	Hue	
T0 Testigo	105,82	a
T6	99,22	b
T5	97,55	b c
T4	96,64	b c d
T3	96,05	c d
T2	95,50	c d
T1	94,42	d

Con respecto al ángulo de tono h° , tabla 28, indica que el tratamiento con mayor ángulo de fue el testigo Hue 105,82°, por otra parte los tratamientos de la masa compuesta se observa que el tratamiento T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha), presentó un ángulo de 99,22°, tal como se visualiza en la figura 16.

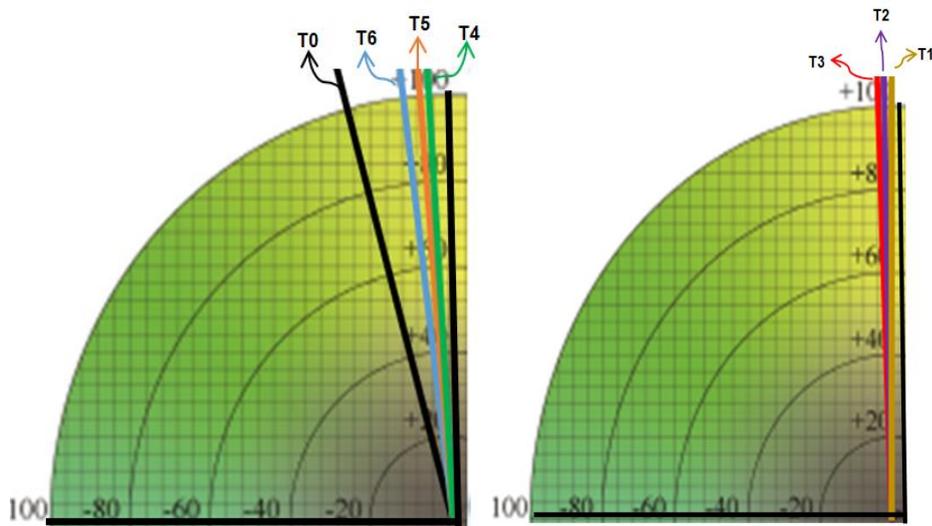


Figura 16: Representación del ángulo Hue (°) de los tratamientos en masa de pan

Se observa en la figura 16, se puede notar que todos los tratamiento T0 (Testigo) al T1 están más cerca del ángulo de 90°, que indica una coloración amarilla en la masa de pan, esto se debe a las materias primas que se utilizó.

Tabla 29: Tukey para Tratamientos Croma

TRAT.	Croma	
T6	47,12	a
T5	34,56	b
T4	29,75	c
T3	28,35	c d
T2	25,47	d
T1	21,32	e
T0 Testigo	14,85	f

La prueba de significación de Tukey, indica que el tratamiento T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha), presento mayor saturación C*, en comparación con el testigo fue menor su saturación, en la figura 18, se ilustra de forma más clara de los resultados.

Los resultados de la prueba de DMS Croma para el factor A se ilustran en la tabla 30.

Tabla 30: Dms Croma para Factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	40,84	a
A2	29,05	b
A1	23,39	c

La prueba DMS del factor A presentó diferencia estadística significativa para el nivel A3 encontrando un valor de 40,84 Croma presenta mayor fuerza de saturación del color en la masa de pan. Por otra parte los niveles A2 y A1 presentan el menor saturación de color en la masa de pan este resultado influye mucho por los porcentajes de sustitución de las harinas.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 31.

Tabla 31: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	34,11	a
B1	28,08	b

Al realizar la prueba DMS para el factor B, demuestra una diferencia significativa para el nivel B2, ya que presento un valor de 34,11 Croma y empleando el nivel B1 se obtuvo un valor menor de 28,08 Croma.

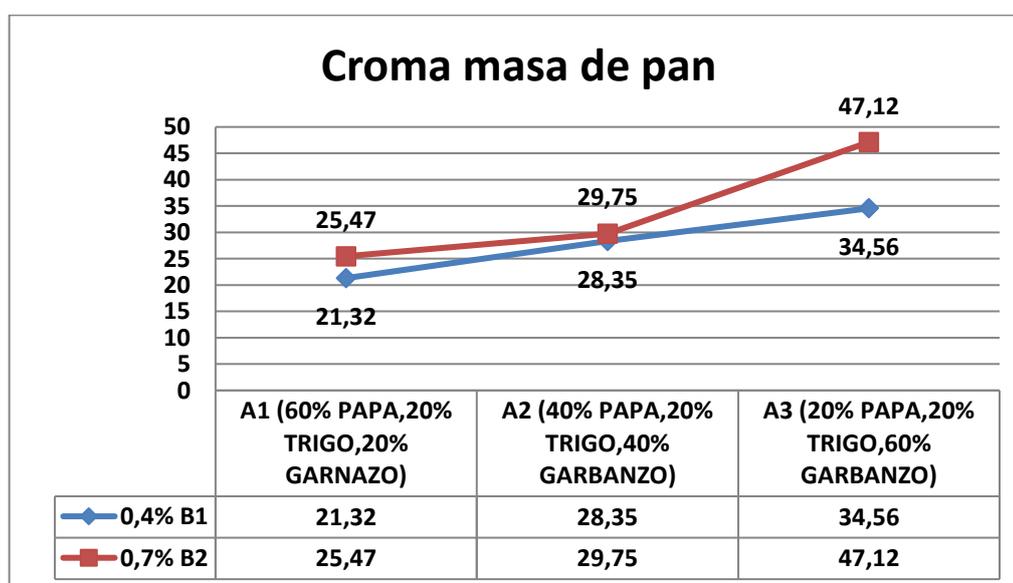


Figura 17: Interacción de Croma en masa de pan

En la interacción de croma de la figura 17, el punto óptimo se obtuvo una saturación o intensidad de color de 27,70. Se observa que a mayor porcentaje de sustitución de harina de garbanzo aumenta el color de saturación.

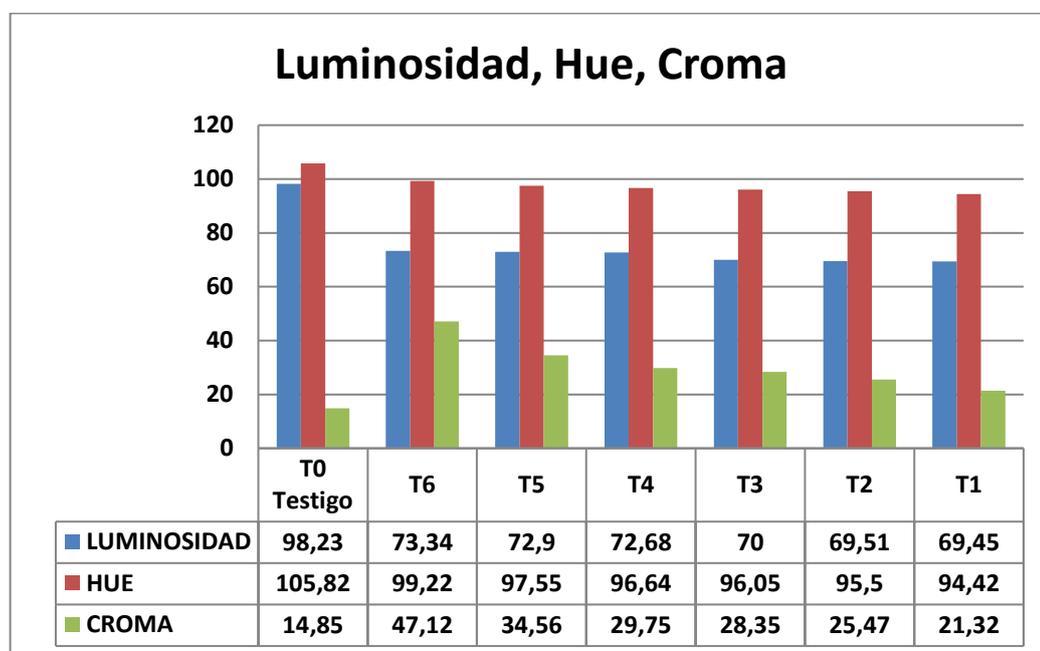


Figura 18: Representación del ángulo Hue ($^{\circ}$) de los tratamientos en masa de pan

Al existir diferencia estadística altamente significativa para testigo vs resto fue necesario realizar comparaciones en la figura 18, se ilustran los resultados de las medias de los parámetros CIELAB en la masa de pan. En general se observó una variación importante entre las formulaciones. La luminosidad L^* osciló entre 69,45 y 98,23. En la masa de pan testigo (100 trigo) presentó una luminosidad clara de ($L= 98,23$) mientras que en la masa de pan del tratamiento T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha), presentó una luminosidad oscura ($L= 73,34$). Con respecto al ángulo de tono h° el testigo (100% trigo) presento un $h^{\circ}= 105,82$, en cuanto a los tratamientos del T1 al T6 se observó un incremento significativo del valor de h° conforme se va aumentando el porcentaje de sustitución de la harina de garbanzo. En cuanto a la saturación C^* para los tratamientos de T6 al T1 se vio afectada cuando la harina de garbanzo fue aumentando en comparación con la masa de trigo que disminuyo su saturación.

4.3. ELABORACION DEL PAN BAJO EN GLUTEN

4.3.1. ANÁLISIS DE TEXTURA EN PAN

A continuación en la Tabla 32, se presenta a los valores de textura expresada en Newton (N) evaluados al producto final.

Tabla 32: Resultados de textura en el pan

Nº	Tratamiento	R1	R2	R3	Sumatoria Σ	Media \bar{x}
T1	A1B1	43,45	36,93	42,49	122,87	40,96
T2	A1B2	43,50	41,94	38,20	123,64	41,21
T3	A2B1	42,41	41,95	41,56	125,92	41,97
T4	A2B2	43,18	42,57	41,08	126,83	42,28
T5	A3B1	41,80	42,89	42,97	127,66	42,55
T6	A3B2	45,09	45,89	45,03	136,01	45,34
T0	Testigo	25,69	25,93	25,83	77,45	25,82

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza Tabla A5 (ver anexo), se encuentra altamente significativo para tratamientos, para el factor A existe significación estadística y para el factor B y la interacción del factor A*B no existe significación estadística.

A partir de la prueba de comparación de un efecto de significativo de la interacción de los factores, se realizó la prueba de comparación por el test de Tukey para identificar el nivel o los niveles de la interacción que ejercieron un efecto diferente sobre la textura del pan Tabla 33.

Tabla 33: Tukey para Tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	TUKEY
T6	45,34	a
T5	42,55	a
T4	42,34	a b
T3	41,97	a b
T2	41,21	a b c
T1	40,96	a b c
T0 Testigo	25,82	d

En la Tabla 33, según las Prueba de Tukey 5% realizada a los tratamientos, se observa que los tratamientos T6 y T5, reportaron los valores más altos de acuerdo a la textura del producto final, expresando valores de 45,34N y 42,55N respectivamente, los panes presentaron una apariencia mucho más densa y firme esto se debe a que se utilizó diferentes niveles de sustitución. Mientras que el valor de menor textura, es decir, es más suave o blando se identificó al T0 (Testigo).

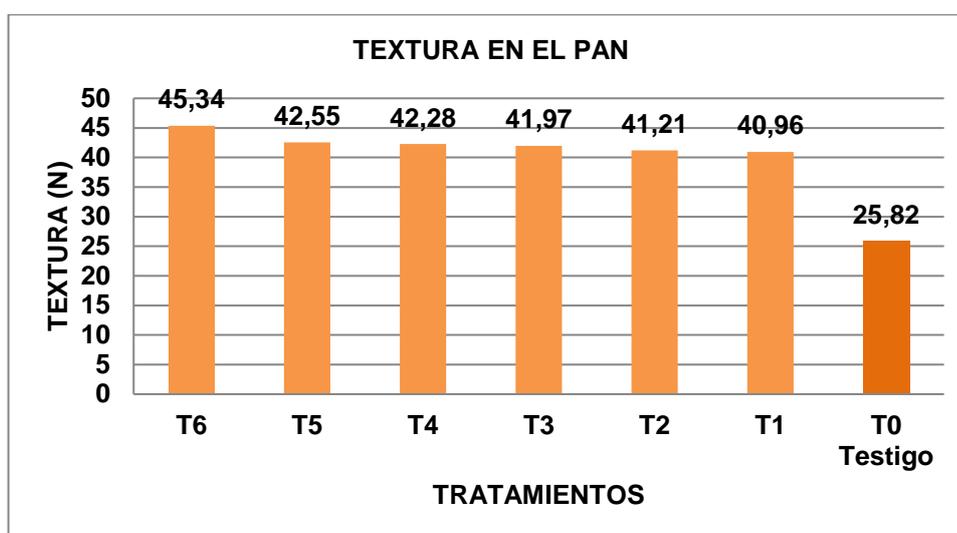


Figura 19: Comportamiento de las medias en la textura del pan

Al existir diferencia estadística altamente significativa para testigo vs resto fue necesario realizar un gráfico de comparaciones en la figura 19, hay que mencionar que la fuerza de compresión fue considerablemente mayor en el T6 (45,34 N) esto se debe a los bajos niveles de proteínas formadoras de gluten, que producen texturas más firmes, dicho de otra manera se debe al aumento de porcentaje de la mezcla de harina de garbanzo provocó un aumento en la dureza del producto final lo que atribuye a la incorrecta formación de la red de gluten, además con la incorporación de esta materia prima trajo como resultado del engrosamiento de las paredes de la miga y el fortalecimiento de la estructura, de modo idéntico sucede al comparar con las investigaciones realizadas por (Mohammed, Ahmed, & Senge, (2012), (Bechtel & Meisner, 1954) (Pateras IMC, 2007) citados en Mohammad, Jafar M., & Gisoo, (2014) y Ouazib, Dura, Zaidi, & M. Rosell, (2016) manifiestan que esto se debe al contenido de proteínas en la harina de

garbanzo que es un factor principal en la tasa de endurecimiento y envejecimiento. Por lo consiguiente, los parámetros de textura fueron afectados por el aumento del nivel de sustitución del garbanzo lo que resulta una dureza mayor y así mismo presento una resistencia en la deformación de la miga de los panes.

4.3.2. ANÁLISIS DE HUMEDAD EN PAN

A continuación, en la Tabla 34, se presenta a los valores de porcentaje de humedad evaluados al producto final.

Tabla 34: Resultados de humedad

Nº	Tratamiento	R1	R2	R3	Sumatoria Σ	Media \bar{x}
T1	A1B1	25,59	25,60	25,61	76,80	25,60
T2	A1B2	25,41	26,07	26,39	77,87	25,96
T3	A2B1	26,09	26,12	26,14	78,35	26,12
T4	A2B2	27,10	27,08	27,09	81,27	27,09
T5	A3B1	31,38	31,40	31,42	94,20	31,40
T6	A3B2	36,92	36,80	36,79	110,51	36,84
T0	Testigo	25,29	25,28	25,26	75,83	25,28

Los valores obtenidos en el cálculo del análisis de varianza de la humedad se expresan en la Tabla A6 (ver anexo).

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se encuentra una variación altamente significativa entre los tratamientos, para el factor A y B, para la interacción de los factores A*B. Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para factores.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor A se ilustran en la tabla 35.

Tabla 35: DMS para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	34,12	a
A2	26,60	b
A1	25,78	c

La pruebas DMS para el factor A, el cual representa los porcentajes de sustitución de las harinas, demostró que existe alta significación estadística para los niveles

de mezcla, ya que el nivel A3 se obtiene un valor de humedad alto de 34,12% y el nivel A1 con un valor menor de 25,78%.

El alto contenido de humedad del nivel A3 se relaciona por la mayor proporción utilizada para la mezcla T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xanthan). y T5 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4% xantha).

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 36.

Tabla 36: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	29,96	a
B1	27,71	b

Al realizar la prueba DMS para el factor B, se reveló una alta significación estadística para los dos niveles de mezcla, con el nivel B2 se obtuvo un valor de humedad alto de 29,96% y con el nivel B1 se obtuvo un valor menor de 27,71%. Además podemos agregar el efecto de la goma xanthan que tiene en combinación con las harinas que influyo en el aumento de absorción de agua en el pan. Esta información es corroborada con la investigación realizada por Azizi & Rao, (2003) en la cual los autores utilizaron diferentes tipos de gomas de xantano, karaya, guar y algarrobo manifiestan que aumento la absorción de agua en el pan.

Tabla 37: Tukey para Tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	TUKEY
T6	36,84	a
T5	31,40	b
T4	27,09	c
T3	26,12	d
T2	25,96	d
T1	25,60	d e
T0 Testigo	25,28	e

De acuerdo a la prueba de Tukey de la variable humedad para los tratamientos, se identificó que el tratamiento T6 con el contenido de humedad más alto, con un

valor de 36,84%, el cual se diferenci6 de los tratamientos T3, T2, y T1 quienes se presentaron en el mismo rango y en cambi6 el T0 (Testigo) obtuvo un valor menor de 25,28%.

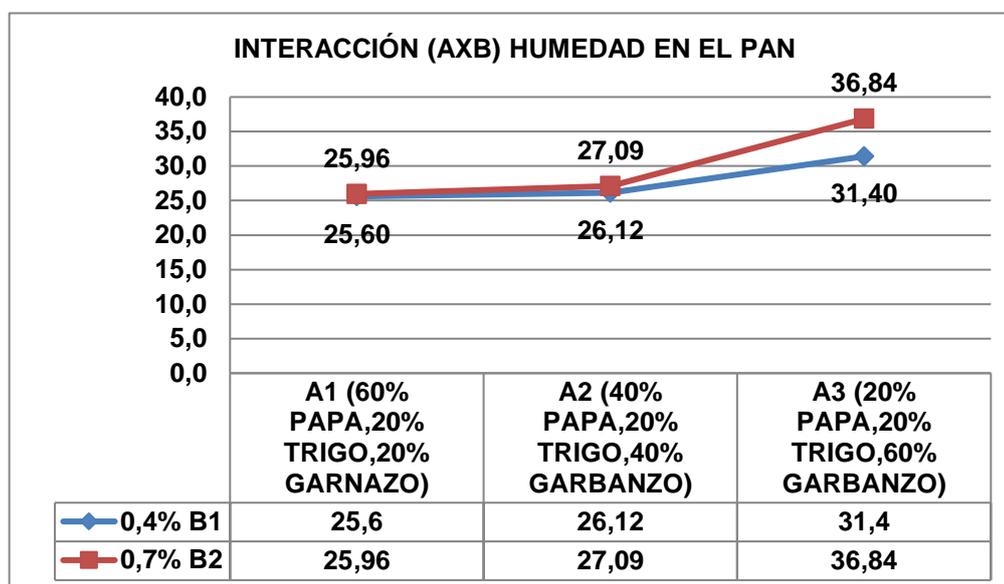


Figura 20: Interacci6n (A x B) humedad en pan

De la interacci6n de los factores, como se muestra en la figura 20, se identific6 que entre los factores harina de trigo, harina de papa y harina de garbanzo con la adici6n de la goma xanthan existe un indicio una interacci6n, por lo que, pudo tener un efecto significativo sobre los resultados de la dureza de los panes.

Es decir, que la goma xanthan en los productos horneados aumenta la absorci6n de agua en el pan, adem6s contribuye a la retenci6n de la humedad en la miga y la vida 6til mediante la limitaci6n de la retrogradaci6n del almid6n, a su vez, aporta suavidad mejorando la textura, no obstante, estas propiedades se obtienen solo a bajas concentraciones (<1%) (Arendt & Dal Bello, 2008) (Kohajdov6 & Karovi6ov6, 2008) Citados por (6lvarez Restrepo, Formulaci6n de una materia prima con competencia tecnol6gica para ser aplicada en el dise1o de alimentos libres de gluten mejorados nutricionalmente, 2014).

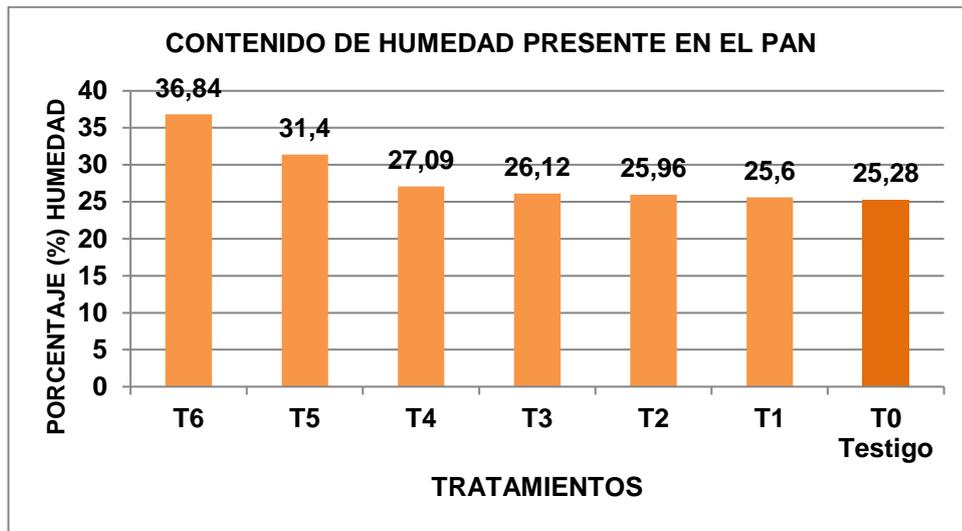


Figura 21: Comportamiento de las medias en el pan

En la figura 21, permite apreciar el contenido de humedad presente en cada uno de los tratamientos, los valores obtenidos varían en un rango de 25,28% a 36,84%, Se comparó los resultados obtenidos con la norma nacional NTE INEN 2945; 2014 para pan, en la que especifica que debe tener un porcentaje mínimo de 20% y un máximo de 40% por lo tanto la investigación realizada todos los tratamientos se encuentran dentro de la norma.

Esto se debe a que se utilizó materias primas ricas en proteína y fibra ya que favorece el aumento de absorción de agua. Algo semejante ocurrió en la investigación realizada por Mohammed, Ahmed, & Senge, (2012) en que la sustitución de la harina de trigo con harina de garbanzos incrementó la absorción de agua necesaria para la fabricación óptima de pan.

4.3.3. ANÁLISIS DE ALMIDÓN EN EL PAN

En cuanto al contenido de almidón en pan cuyos valores se presentan en la siguiente tabla 38.

Tabla 38: Resultados de almidón en el pan

Nº	Tratamiento	R1	R2	R3	Sumatoria Σ	Media x
T1	A1B1	34,77	34,67	35,53	104,97	34,99
T2	A1B2	36,02	35,81	35,77	107,6	35,87
T3	A2B1	35,89	36,41	36,39	108,69	36,23
T4	A2B2	36,66	37,30	37,28	111,24	37,08
T5	A3B1	38,05	38,08	38,11	114,24	38,08
T6	A3B2	41,22	39,49	40,25	120,96	40,32
T0	Testigo	33,86	34,45	34,36	102,67	34,22

Los valores obtenidos en el cálculo del análisis de varianza del almidón se expresan en la Tabla A6 (ver anexo).

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se encuentra una variación altamente significativa entre los tratamientos, para el factor A y B, para la interacción de los factores AXB. Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para factores.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor A se ilustran en la tabla 39.

Tabla 39: DMS para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	39,20	a
A2	36,66	b
A1	35,43	c

En la prueba DMS del factor A presentó diferencia estadística significativa para el nivel A3 donde se obtiene un valor promedio de almidón en los tratamientos encontrando un valor alto de 39,20%, los cuales pertenecen a: T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha).y T5 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4% xantha) y mientras que en los tratamientos donde se empleó el nivel A2 y A1 se obtuvo un valor promedio menor contenido de almidón de 36,66% y 35,43% respectivamente, estos resultados se ve influenciados mucho por los diferentes porcentajes de mezcla de las materias primas que se utilizaron.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 40.

Tabla 40: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	37,76	a
B1	36,43	b

En los resultados de la prueba DMS del factor B, revelo una diferencia estadística siendo el nivel B2 donde se empleó el 0,7% obteniendo un valor promedio de 37,76% y para el nivel B1 donde se empleó el 0.4% se obtuvo un valor menor de 36,43% de almidón. Conforme a los resultados de los dos niveles, es claro identificar que con mayor porcentaje de aditivo aumento el contenido de almidón.

En la tabla 41, se representan los resultados de la prueba de Tukey.

Tabla 41: Tukey para Tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	TUKEY
T6	40,32	a
T5	38,08	b
T4	37,08	b c
T3	36,23	c d
T2	35,87	c d
T1	35,39	d e
T0 Testigo	34,22	e

De acuerdo a la prueba Tukey 5% para la variable almidón, presentó una diferencia significativa entre los tratamientos, identificando al T6 con el valor más alto ubicado en el primer rango, seguido del segundo rango al T5 con los valores más altos contenido de almidón, en otro lado el valor más bajo de almidón fue para el tratamiento testigo (100% trigo).

Al existir diferencia estadística altamente significativa para testigo vs resto fue necesario realizar un gráfico de comparaciones en el figura 22, se ilustran los resultados.

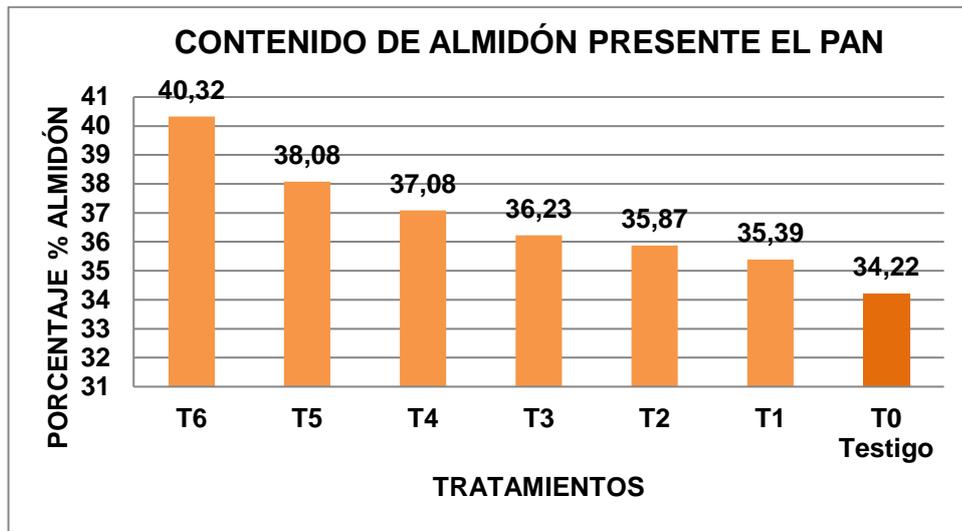


Figura 22: Comportamiento de almidón en el pan

Como se observa en la referencia figura 22, el porcentaje de almidón en los panes alcanzó un 35,39% hasta 40,32%, es decir que a medida que aumenta la proporción la harina de garbanzo aumentó el contenido de almidón, con respecto al pan elaborado con harina de trigo presento un 34,22%, siendo el más bajo en contenido de almidón, por lo tanto en comparación con la investigación realizada por Torres & Pacheco de D, (2007) reportaron valores que va de 47,3% a 50,3%. En consecuencia en la investigación realizada se obtuvo valores inferiores para todos los tratamientos incluido el testigo.

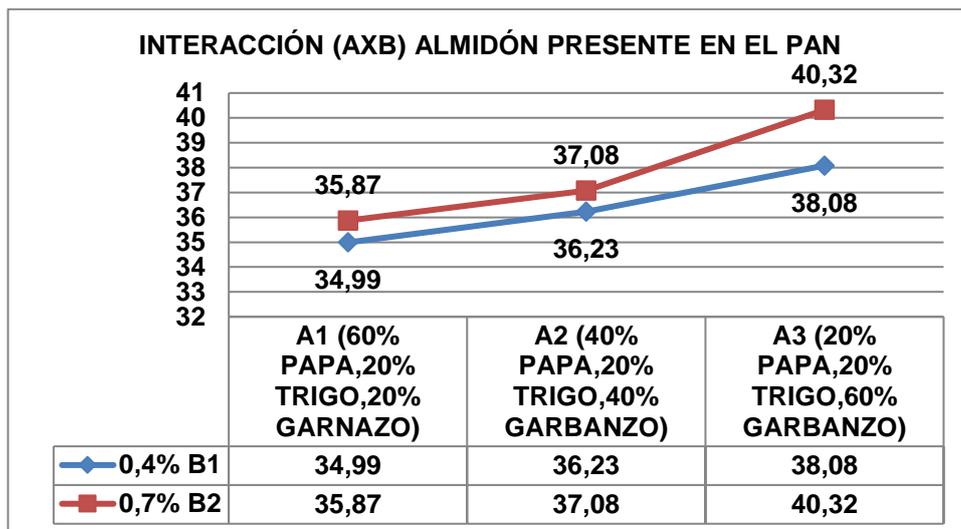


Figura 23: Interacción (A x B) almidón en el pan

Los resultados del contenido de almidón en el pan se registra en la figura 23, indica la interacción de los factores AB, se identificó que va disminuyendo el contenido de harina de papa y aumentando el porcentaje de harina de garbanzo y goma xanthan se obtiene productos con alto contenido de almidón en el pan.

4.3.4. ANÁLISIS DE PROTEÍNA EN EL PAN

En cuanto al contenido de proteína en pan cuyos valores se presentan en la siguiente tabla 42.

Tabla 42: Resultados de proteína en el pan

Nº	Tratamiento	R1	R2	R3	Sumatoria Σ	Media X
T1	A1B1	13,17	13,07	13,05	39,29	13,10
T2	A1B2	15,74	15,69	15,71	47,14	15,71
T3	A2B1	15,98	16,16	16,22	48,36	16,12
T4	A2B2	17,50	17,48	17,43	52,41	17,47
T5	A3B1	18,43	18,38	18,40	55,21	18,40
T6	A3B2	19,30	19,25	19,27	57,82	19,27
T0	Testigo	7,44	7,40	6,98	21,82	7,27

Los valores obtenidos en el cálculo del análisis de varianza de la proteína se expresan en la Tabla A9 (ver anexo).

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se encuentra una variación altamente significativa entre los tratamientos, para el factor A y B, para la interacción de los factores B. Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para factores.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor A se ilustran en la tabla 43.

Tabla 43: DMS para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	18,84	a
A2	16,80	b
A1	14,41	c

En los resultados de la prueba DMS se encuentra diferencia estadística entre factor A siendo los valores de la mezcla A3 con el cual se obtiene un alto contenido de proteína 18,84%, mismos que pertenecen a los tratamientos T6 (20%

de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha).y T5 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4% xantha), comparado con el nivel A2 y A1, donde se obtiene valores menores de 16,80% y 14,41% respectivamente.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 44.

Tabla 44: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	17,49	a
B1	15,87	b

En los resultados de la prueba DMS se encuentra diferencia estadística entre factor B (aditivo) siendo los valores de B2, ya que presentó un valor promedio de proteína de 17,49% y empleando el nivel B1 se obtuvo un valor promedio menor de 15,87% de proteína.

En la tabla 45 se representan los resultados de la prueba de Tukey.

Tabla 45: Tukey para Tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	TUKEY
T6	19,27	a
T5	18,40	b
T4	17,47	c
T3	16,12	d
T2	15,71	e
T1	13,10	f
T0 Testigo	7,27	g

La prueba de significación de Tukey indica que para los tratamientos se presentaron rangos diferentes, el primero el tratamiento T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) tiene mayor cantidad de contenido de proteína el pan y al contrario el tratamiento T0 (100% trigo), es el menor contenido de proteína.

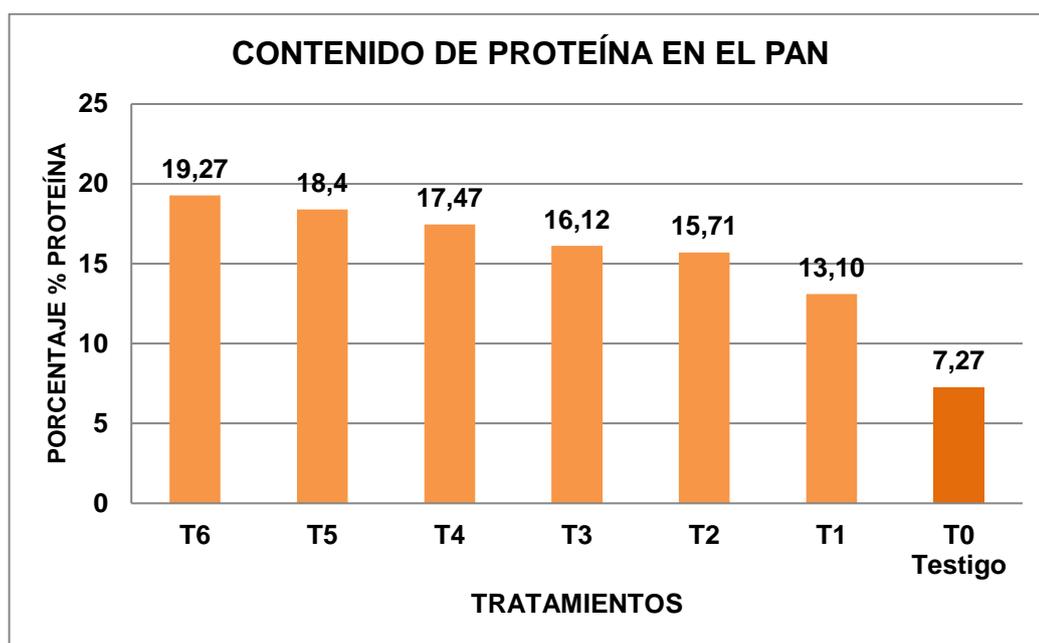


Figura 24: Comportamiento de proteína en el pan

El análisis de la proteína en el pan figura 24, se ilustran los resultados identificando al T6 con el valor más alto en el contenido de proteína 19,27%. A diferencia del tratamiento testigo que se obtuvo un valor menor de proteína de 7,27%. Siendo este resultado mayor a lo reportado por las investigaciones realizadas por los autores Rizzello, Calasso, Campanella, Angelis, & Gobbetti, (2014), reportaron valores de 7,15% a 11,92%, y Vargas Villena, (2016) reporto valores de 9,5% a 10,97%. Esta diferencia se debe a que se utilizó leguminosa que tienen diferente concentraciones de proteína y depende de los niveles de concentración que se está sustituyendo (Ugwuona & Suwaba, 2013).

De igual manera, se comparó con la norma NTE INEN 2945-2014-XX, (2014), manifiesta que el contenido de proteína mínima 7% y un máximo no establecido por lo que la investigación supera los resultados.

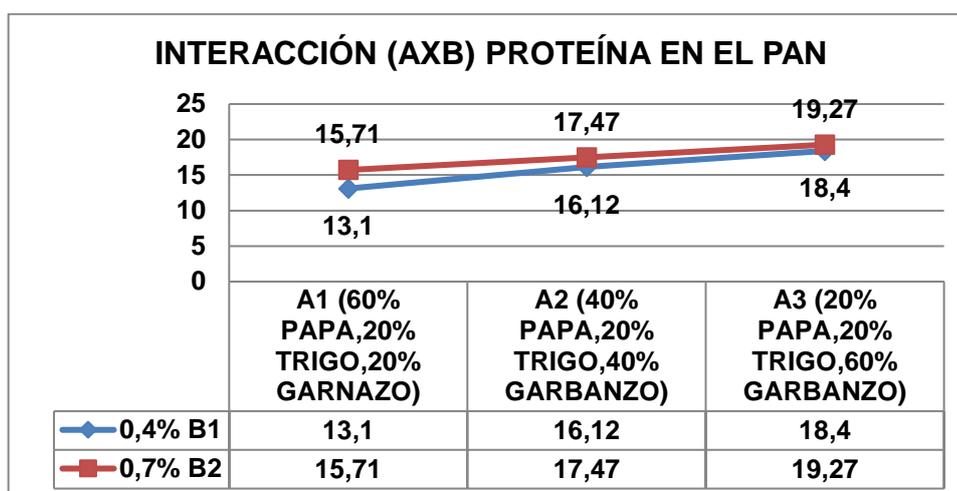


Figura 25: Interacción (A x B) proteína en el pan

De la interacción de los factores, como se muestra en la figura 25, se identificó que entre la mezcla de factores de harina de trigo, harina de papa y harina de garbanzo con la goma xanthan, existe un indicio de interacción, por lo que, este pudo tener un efecto significativo sobre los resultados de proteína de los panes. Lo que podemos observar que el punto donde se interacciona el factor A y el factor B es de 19,25%, con lo que determinamos el mejor tratamiento A3B2, donde el porcentaje de sustitución de mezcla es (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha).

4.3.5. CARACTERÍSTICAS DEL COLOR EN EL PAN

Se evaluó al producto final la luminosidad L*, el de ángulo de tono y Croma C*, como se observa en la tabla 46.

Tabla 46: Valores de color Luminosidad, Hue (°), Croma del pan

COLOR PAN			
Tratamiento	Luminosidad (L*)	Hue (°)	Croma
T0 Testigo	103,27	101,81	10,70
T6	100,85	115,40	29,14
T5	98,85	114,37	25,26
T4	96,91	113,92	24,48
T3	94,11	107,08	16,26
T2	91,19	106,63	13,67
T1	83,18	103,13	11,63

En la tabla 46, durante la elaboración del pan se identificaron cambios visibles de color tal como se observa en el anexo A10, mostraron un color más claro esto se puede atribuir a la expansión que tuvo en la masa y en la formación de los alveolos en la miga del pan, forjando un aumento de luminosidad. El testigo (100% trigo) presento una variación mayor hacia el amarillo, comparado con los tratamientos de la mezcla de harinas compuestas se puede apreciar una coloración menos intensa.

En general, los productos obtenidos a partir de las mezcla de harinas, presentan una coloración más oscura e intensa, la coloración puede atribuirse a la diferencia de color que existe entre la harina de trigo, harina de garbanzo y harina de papa. Además, es importante agregar que varios investigadores como Duodu & Minnaar, (2011), Gularte, Gomez, & Rosell, (2012) citado por Ouazib, Dura, Zaidi, & Rosell, (2016), Mohammeda, Ahmed, & Senge, (2012) recalcan que la adición de harinas de leguminosas a los productos horneados dan lugar a migas más oscuras, debido a que logran facilitar las reacciones de Maillard por los altos niveles de lisina presente en la leguminosa.

En el análisis estadístico para luminosidad y croma se aprecia la alta significación estadística para tratamientos, factores y para la interacción AxB tal como se aprecia en la Tabla A8 (ver anexo). Con los resultados obtenidos se determinó que las mezclas de las harinas y la goma xanthan tienen influencia sobre la luminosidad y en croma en el producto final.

Así mismo en la Tabla A8 para el parámetro hue se observó que existe alta significación estadística para tratamientos y para la interacción AxB, y para los factores A y B los resultados obtenidos determinaron que las mezclas no influyen significadamente en el ángulo.

A continuación tabla 47, se observa los resultados de los parámetros de color L*, que se evaluaron en el pan de todos los tratamientos.

Tabla 47: Tukey para Tratamientos Luminosidad (L*)

TRAT.	Luminosidad L*	
T0 Testigo	103,27	a
T6	100,85	b
T5	98,85	c
T4	96,91	d
T3	94,11	e
T2	91,19	f
T1	83,18	g

La prueba de significación de Tukey en la tabla 47, indica que para los tratamientos se presentaron diferencia significativa entre las muestras analizadas se observó que no se vio tan afectada por las proporciones de harinas utilizadas, el mayor contenido de luminosidad fue en el pan T0 (100% trigo) con un valor de 103,27 seguido del T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha), con una luminosidad de 100,85 y el menor contenido se obtuvo el T1 83,18, siendo esto considerado como color brillante.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor A se ilustran en la tabla 48.

Tabla 48: DMS para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	99,85	a
A2	95,38	b
A1	87,19	c

En los resultados de la prueba DMS realizada al factor A, se encuentra diferencia estadística para los tres niveles, debido principalmente a los porcentajes entre las mezclas de las harinas, usando el nivel A3 se obtuvo un mayor contenido de luminosidad de 99,85, mientras que al utilizar el nivel de mezcla A1 se demostró un menor contenido de 87,19 de luminosidad, identificando que los porcentajes de sustitución de las harinas influyen en la luminosidad del producto final.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 49.

Tabla 49: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	96,32	a
B1	91,96	a

En la prueba DMS realizada al factor B sobre el aditivo de la goma xanthan reveló un efecto significativo para los dos niveles, señalando que el uso del B2 (0,7%) nos da como resultado mayor contenido de luminosidad de 96,32, y utilizando el B1 (0,4%) proporciona un menor contenido de luminosidad de 91,96 en el producto final.

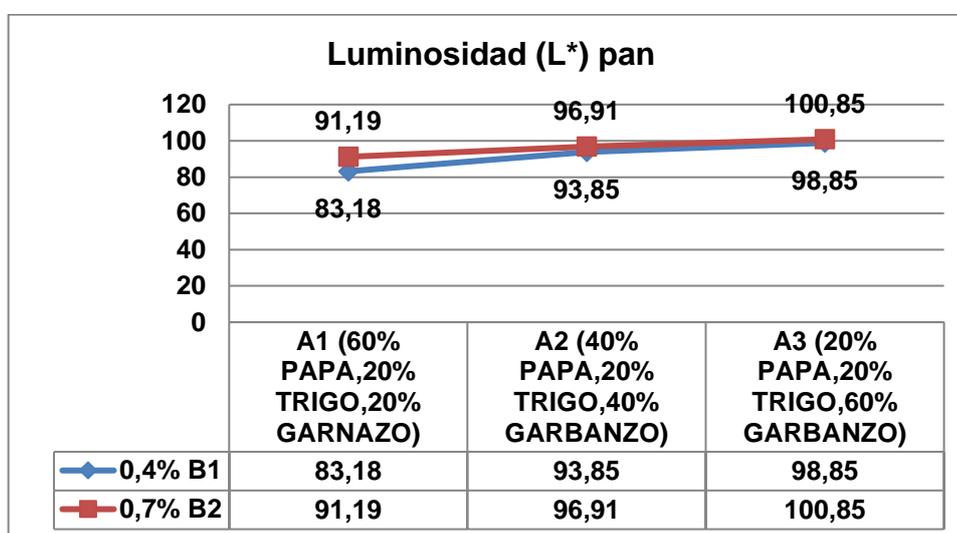


Figura 26: Interacción (A x B) luminosidad en el pan

En la figura 26, de interacción AB (porcentajes de harinas vs goma xanthan), se observa que el contenido de luminosidad (L*) es menor en A1B2 (60% de harina de papa, 20% harina de trigo, 20% harina de garbanzo con 0,7% xantha) con un valor de 91,19 L*, por lo contrario, cuando la mezcla de sustitución varía aumenta la luminosidad (L*) A3B2 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) con un valor de 100,85 L*.

Tabla 50: Tukey para Tratamientos Hue (°)

TRAT.	Hue (°)	
T6	115,40	a
T5	114,37	a b
T4	113,92	a b c
T3	107,08	b c d
T2	106,63	c d
T1	103,13	d
T0 Testigo	101,81	d

En cuanto al parámetro de Hue (°) tabla 50, realizada a todos los tratamientos, se identificó al tratamiento T6 con el ángulo más alto con un valor de 115,40°. En otro rango al T0 (Testigo) el ángulo visual tiene una media baja diferente con los demás tratamientos por lo que se considerara que el color posee una apreciación visual de color amarillo tal como se visualiza en la figura 27.

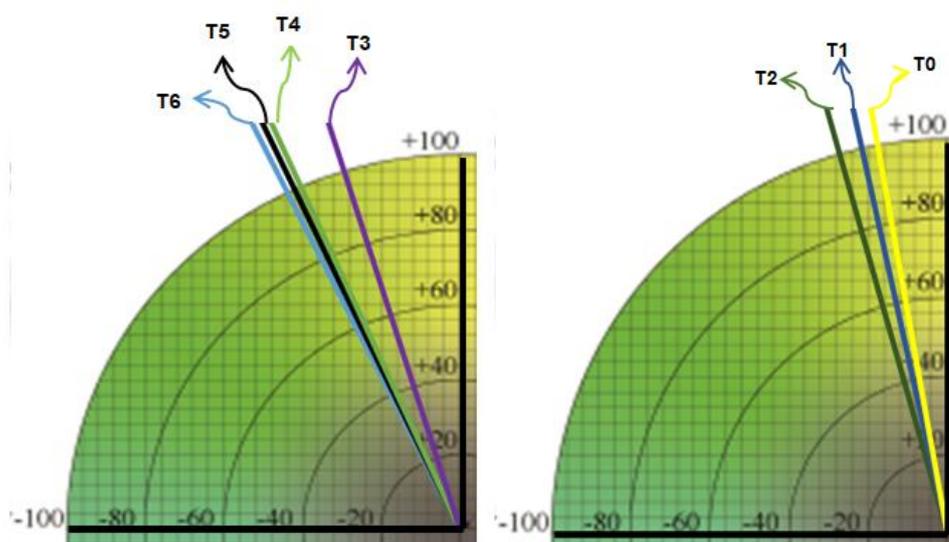


Figura 27: Representación del ángulo Hue de los tratamientos en masa de pan

Los resultados de la prueba de DMS para el factor A se ilustran en la tabla 51.

Tabla 51: DMS para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	114,89	a
A2	110,50	b
A1	104,88	c

La prueba DMS del factor A presento diferencia significativa para el nivel de mezcla A3 con el cual se obtuvo un ángulo alto de 114,89° mientras que el nivel A1 se obtuvo un ángulo menor de 104,88°, esta diferencia de valores es debido principalmente al porcentaje de la mezcla de las harinas.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 52.

Tabla 52: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	111,98	a
B1	108,19	b

En los resultados de la prueba DMS del factor B, reveló una diferencia estadística para el nivel B2, ya que presentó un valor promedio de 111,98° y empleando el nivel B2 se obtuvo un valor promedio menor de 108,19°.

A continuación tabla 53, se observa los resultados de los parámetros de Croma que se evaluaron en el pan de todos los tratamientos.

Tabla 53: Tukey para Tratamientos Croma

TRAT.	Croma
T6	29,14 a
T5	25,26 b
T4	24,48 c
T3	16,26 d
T2	13,67 e
T1	11,63 f
T0 Testigo	10,70 g

En los valores de cromas tabla 53, de acuerdo al análisis de varianza existe diferencia significativa por lo que se puede manifestar que no presenta una pureza definida debido los diferentes porcentajes de sustitución de las harinas. El cromas

con valor más alto T6 (29,14) y T5 (25,26) considerándose que estos tratamientos varían la saturación o intensidad del color, por otro lado, en otro rango se encuentra el valor más bajo de Croma al tratamiento T0 (testigo).

Los resultados de la prueba de DMS Croma para el factor A se ilustran en la tabla 54.

Tabla 54: DMS Croma para factor A

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
A3	27,20	a
A2	20,37	b
A1	12,65	c

El resultado del análisis de diferencia para el factor A tabla 54, perteneciente a la mezcla de las harinas, el tratamiento, usando el nivel de mezcla A3 presenta mayor fuerza de saturación del color en el pan, mientras que al emplear el nivel de mezcla A1 desmostó un menor contenido de saturación de 12,65, identificando que el aumento de los porcentajes de sustitución las saturación aumenta en el producto final.

Los resultados de la prueba de DMS para el factor B se ilustran en la tabla 55.

Tabla 55: DMS para factor B

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DMS
B2	22,43	a
B1	17,72	b

En los resultados de la prueba DMS realizada al factor B tabla 55, se encuentra diferencia estadística, demostrando que el uso del B2 nos da como resultado una mayor saturación de 22,43 Croma, y utilizando el B1 nos proporciona un menor valor de Croma de 17,72 en el producto final.

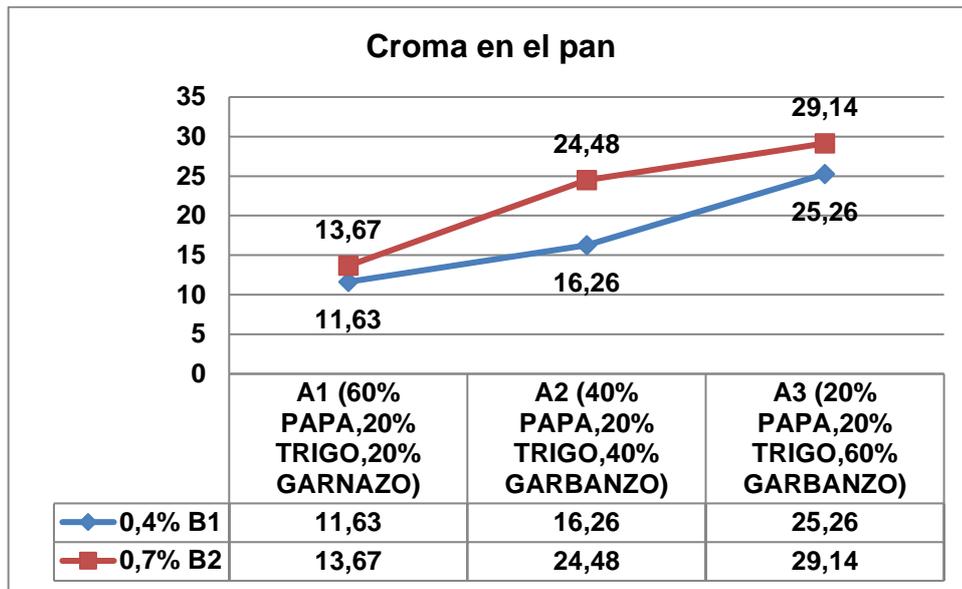


Figura 28: Interacción de Croma en el pan

En la figura 28, indica la interacción AB, la cual muestra que el nivel más bajo se obtiene cuando se trabaja con el factor B1 y utilizando el factor B2 estos valores se incrementan este contenido.

Al existir diferencia estadística altamente significativa para testigo vs resto fue necesario realizar un gráfico de comparaciones en la figura 29, se ilustran los resultados.

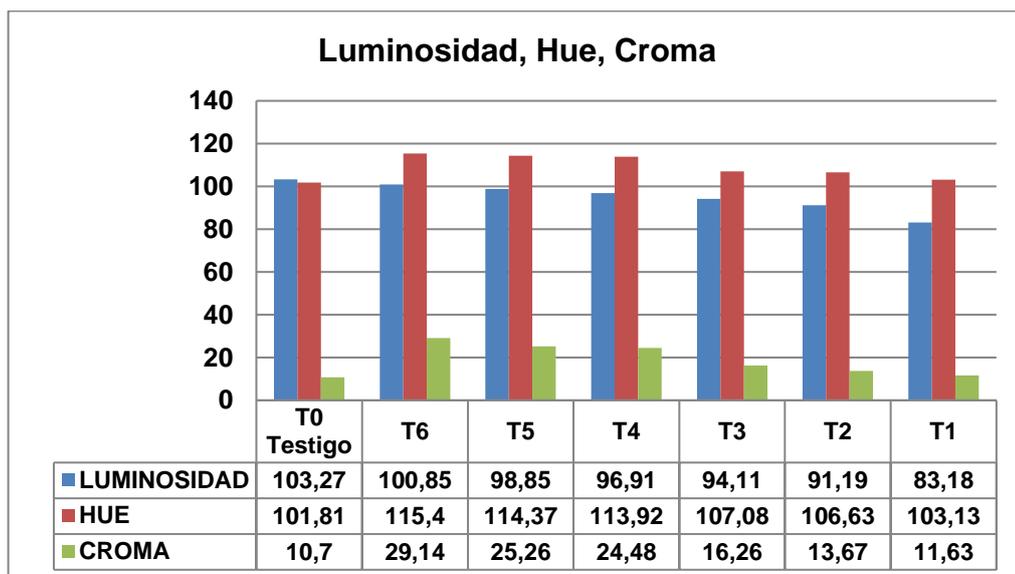


Figura 29: Luminosidad, Hue, Croma en pan

Es posible observar en la figura 29, que los panes tuvieron un aumento en sus valores de luminosidad (L^*) con la adición y el aumento en la concentración de harina de garbanzo, demostrando que hubo ligeramente amarillo en el pan. Sin embargo al comparar con las investigaciones realizadas por Schmiele, Hackbart Da Silva, Pinto Da Costa, Da Silva Rodrigues, & Chang, (2011); Moraes Crizel, Rubira Silva, Mercedes, & Mellado, (2011); Da Silva, Gonçalves, De Sousa e Silva, Ribeiro, & De Paula, (2013), reportaron oscurecimiento de los productos, mientras en el presente estudio los resultados se obtuvieron un aumento en la luminosidad. Las múltiples diferencias pueden ser debido a la composición de las harinas empleada en la elaboración de los panes.

En la figura 29, se muestra los valores de los ángulos obtenidos de los diferentes tratamientos los valores se ubican en el segundo cuadrante de los tonos que van de amarillo a verde según el anillo del color CIELAB, se identificó que el testigo (100% trigo) con un ángulo $101,81^\circ$, el cual está más cerca del ángulo de 90° , que indica una coloración amarilla. En cuanto más el ángulo se dirige a 180° , más a la superficie tiende del amarillo al verde, hecho que se observa en los panes añadidos con la harina de garbanzo siendo el mayor valor fue para T6 $115,40^\circ$.

El parámetro Croma corresponde a una de las tres coordenadas polares del espacio de color que indica la fuerza de saturación o intensidad del color. Las medias de los parámetros Croma se vio afectada por los porcentajes de sustitución de las harinas por ello, el mayor saturación fue T6 $29,14 C^*$ y el menor valor fue T0 $10,70 C^*$.

4.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS

4.4.1. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL MEJOR TRATAMIENTO T6 Y TESTIGO

De acuerdo a los resultados en la tabla 56, el análisis químico que se realizó al testigo y al óptimo se lo selecciono de acuerdo a la norma NTE INEN 2945-2014-XX, (2014), el pan presenta una corteza de color uniforme, sin quemaduras, la

miga es uniforme y no es pegajosa, ni desmenuzable con olor y sabor característico a su formulación en el producto final. Se comprobó que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de garbanzo y harina de papa aumento los niveles de humedad, proteína, cenizas y fibra. Cabe mencionar que la composición del pan depende del tipo de harina y demás ingredientes utilizados (Straumite, Murniece, Kunkulberga, & Klava, 2008).

Tabla 56: Análisis composición química del pan

Parámetros analizados	Método	Unidad	Resultado T6	Resultado T0
Humedad	AOAC 925.10	%	36,84	25,28
Proteína	AOAC 984.13	%	19,27	7,27
Almidón	Fehling	%	40,32	34,22
Fibra	AOAC 962.09	%	1,77	0,98
Ceniza	AOAC 923.03	%	2,35	2,01
Gluten Húmedo	INEN 529	%	1,77	
Gluten Seco		%	0,21	

De acuerdo con los resultados obtenidos tabla 56, se observa que el contenido de proteína en el pan testigo es menor con 7,40% y el pan del tratamiento T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha), aumento el contenido de proteínas con un valor de 36,80%, lo que es deseable desde el punto de vista nutricional. Manifiestan R., E., A., & C., (1987) citado por Barreto Martínez, (2015) mencionan que la adición de harina de garbanzo aumenta el contenido de proteínas.

En cuanto al contenido de ceniza en el producto final se obtuvo un menor porcentaje en el pan testigo con un valor de 2,01%, mientras que en el tratamiento T6 con la adición de la harina de garbanzo y harina de papa aumento el contenido de ceniza en un valor de 2,35%. Tal como lo demostró R., E., A., & C., (1987) citado por Barreto Martínez, (2015) donde manifiesta que con la adición de harina de garbanzo aumento el contenido de ceniza en el pan. El contenido de fibra aumento el porcentaje de 1,77%, en comparación al testigo que obtuvo un valor menor de 0,98%, esto se debe a la adición de harina de trigo por la harina de garbanzo y papa.

Álvarez Restrepo, (2014) cita a Heredia, (2012), en la cual manifiesta que el contenido de gluten en el pan de trigo ha sido reportado entre 90.000 y 120.000 ppm, (9% y 12%) respectivamente. Por lo tanto, el objetivo de la investigación se cumplió ya que el porcentaje de contenido de gluten disminuyó en 17,700 ppm, con la sustitución de harina de garbanzo y harina de papa.

Por otra parte, el CODEX ALIMENTARIUS cuenta con la norma para alimentos procesados de forma especial para reducir el contenido de gluten a un nivel comprimido entre 20 y 100 ppm de gluten (CODEX ALIMENTARIUS, 2008).

4.4.2. EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial se realizó con 15 degustadores, quienes registraron la percepción de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad. Se ejecutó mediante la prueba no paramétrica Friedman se tabularon y se analizaron los resultados.

En la figura 30, la prueba de Friedman al 5% para el atributo color, presentó diferencia estadística significativa para todos los tratamientos, siendo el T0 (100% harina de trigo), el que tuvo un menor puntaje de 3,37. El valor más alto corresponde al T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7 xanthan), que posee mayor inclusión de harina de garbanzo. De acuerdo al criterio que los degustadores, esta diferencia puede deberse por los diferentes porcentajes de sustitución que se utilizó de las diferentes materias primas utilizadas.

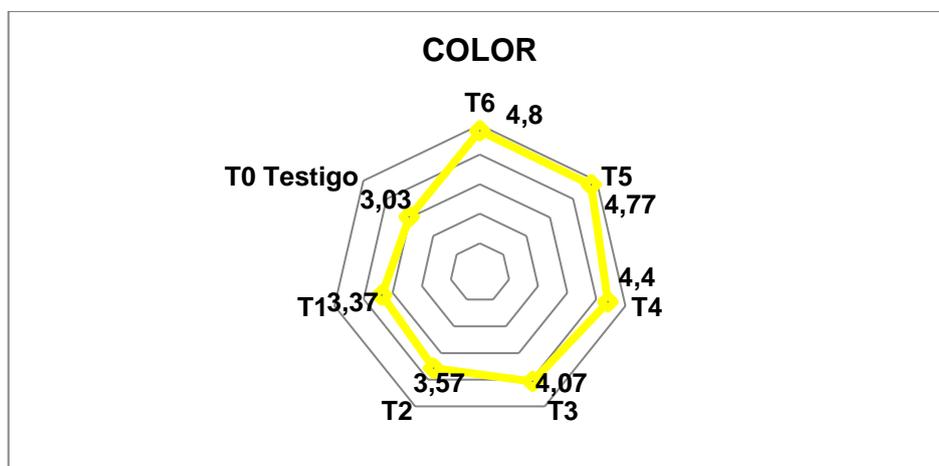


Figura 30: Puntuaciones del atributo de color en el pan

En la figura 31, la prueba de Friedman al 5% para el atributo olor, presentó diferencia estadística significativa, es decir, que los degustadores percibieron diferencia entre los tratamientos, la característica del más agradable obtuvo el T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7 xanthan), seguido del tratamiento T5 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,4 xanthan).

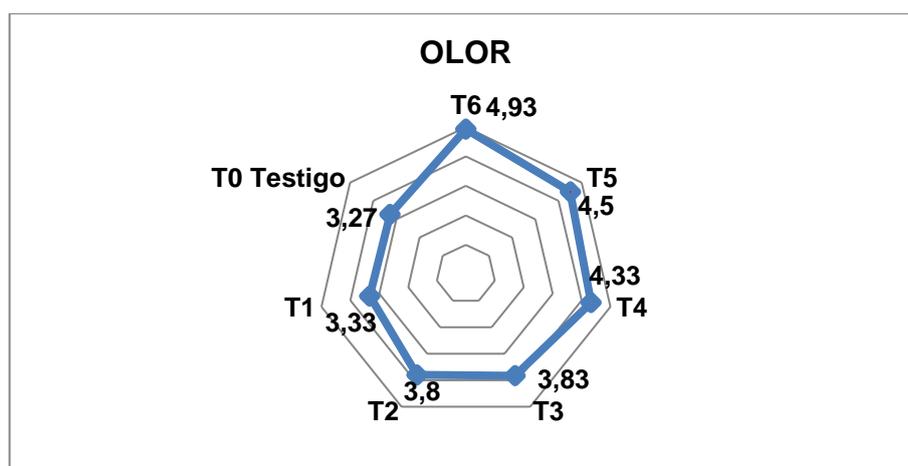


Figura 31: Puntuación del atributo de olor en el pan

Con respecto al atributo de sabor del pan figura 32, la prueba de Friedman al 5% determinó que existe diferencia significativa entre todos los tratamientos. En el cual el tratamiento testigo 100% trigo obtuvo un valor alto con 4,87 puntos, seguido del tratamiento T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) con 4,70 puntos, por lo que fue el más aceptado por los degustadores. Los panelistas realizaron observaciones referentes a las características organolépticas en los panes, identificaron durante la degustación un sabor residual ligeramente amargo, esto es debido a la harina garbanzo, lo que pudo provocar una disminución de la puntuación respecto a la percepción del sabor.



Figura 32: Puntuación del atributo del sabor en el pan

En la figura 33, de la prueba de Friedman al 5% del atributo textura, existe diferencia estadística significativa para todos los tratamientos, lo que indica que las harinas son heterogéneas, con lo que se califica al pan desde ligeramente suave hasta ligeramente duro con valores promedio entre 3,57 a 4,30 puntos sobre 5 puntos. Sin embargo el tratamiento T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) con mayor puntaje con un valor de 4,30 puntos, esto pudo ser debido al alto contenido de fibra en las harinas utilizadas.

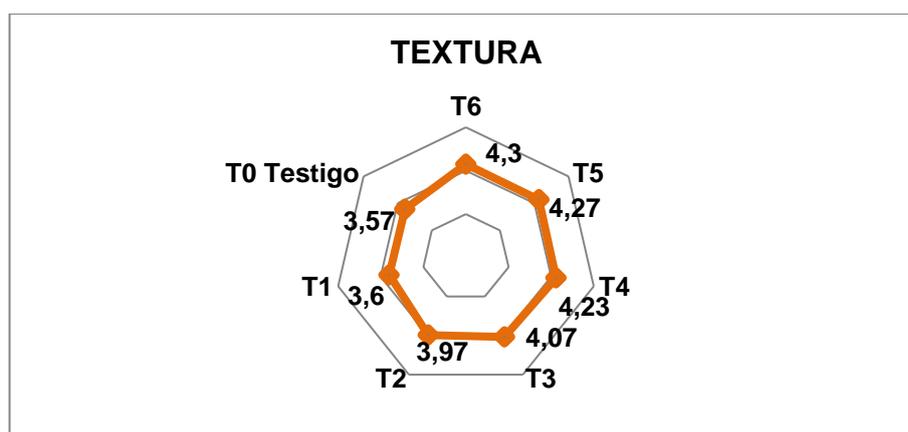


Figura 33: Puntuación del atributo de textura en el pan

Con respecto a la aceptabilidad figura 34, la prueba de Friedman al 5% se muestra diferencia significativa, a simple vista se puede inducir que alcanza los puntajes más altos de aceptación el pan Testigo presento el mayor agrado con 4,70 puntos de aceptabilidad por parte del panel encuestado. Además, se observa que los panes

preparados con T6 (20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha) obtuvo un valor 4,63 puntos, lo que indica que las materias primas utilizadas pueden considerarse un buen sustituyente parcial de la harina de trigo en productos de panadería, ya que su sabor es agradable para el consumidor. Cabe destacar, que los resultados obtenidos de color y textura de los productos mediante el panel sensorial, fueron parecidos con respecto a los resultados de las medidas instrumentales.

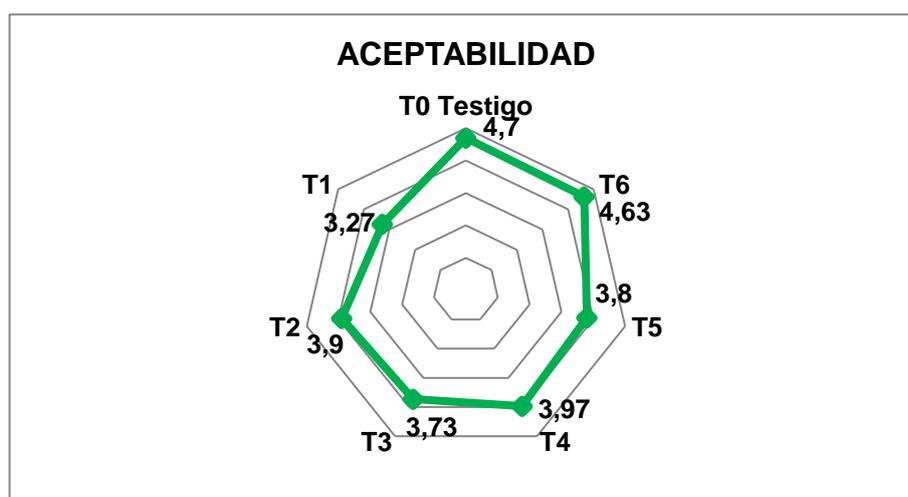


Figura 34: Puntuación del atributo aceptabilidad del pan

A continuación, en la tabla 56, se observa el resumen de los resultados de la evaluación sensorial.

Tabla 57: Resumen de los resultados de la evaluación sensorial

Trat.	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
T0 Testigo	3,03	3,27	4,87	3,57	4,70
T1	3,37	3,33	3,23	3,60	3,27
T2	3,57	3,80	3,57	3,97	3,90
T3	4,07	3,83	3,57	4,07	3,73
T4	4,40	4,33	3,70	4,23	3,97
T5	4,77	4,50	4,37	4,27	3,80
T6	4,80	4,93	4,70	4,30	4,63

4.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TRATAMIENTO T6 Y TESTIGO.

Los Análisis Microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de análisis físico-químicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. Estos se realizaron al tratamiento T6 y testigo obtenidos al final de la elaboración del pan.

Tabla 58: Análisis microbiológico del pan

Parámetros analizados	Método	Unidad	Resultado T6	Resultado T0
Rcto. Total	NTE INEN 1529-5	UFC/g	520	520
Rcto. Mohos	NTE INEN 1529-10	UFC /g	150	130
Rcto. Levaduras	NTE INEN 1529-10	UFC /g	55	40

Al comparar los resultados obtenidos de los análisis se puede apreciar la diferencia en cuanto a los valores de UFC/g del pan, a pesar de que existe presencia de microorganismos se puede manifestar que estos valores son aceptables ya que se encuentran dentro de los parámetros según establecidos en la norma del decreto (Decreto N° 22021- MEIC NCR 151:1993), donde se reconoce a este alimento como apto para el consumo humano y demuestra que se aplicaron Buenas Prácticas de Manufactura en todo el proceso para asegurar la calidad e inocuidad del producto final hasta llegar al consumidor final.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los contenidos nutricionales de las materias primas alternativas que se utilizó en la formulación para la elaboración del pan bajo en gluten, permite obtener un producto altamente nutritivo por su alto contenido de proteína y fibra.
- Para obtener un pan con características comerciales no se necesita variar los procesos de elaboración de pan.
- La adición de la goma xanthan logró mantener la textura adecuada de la mezcla, ya que se perdió por disminuir el porcentaje de harina de trigo que es la que contiene gluten.
- De acuerdo a los análisis realizados en el contenido de gluten del pan, el tratamiento T6 tiene 17.700 ppm frente al contenido de gluten de un pan común con 90.000 ppm; por lo se puede determinar que la mezcla si logró bajar el contenido de gluten en el pan.
- Los porcentajes de sustitución de harinas de papa y garbanzo influyen en las características físicas, químicas y organolépticas del producto terminado, implicando alteraciones en las características físicas en el pan, como su textura; esto es debido al alto contenido de fibra que tiene las materias primas, en las químicas aumentando el contenido de humedad, proteína y almidón y en las características organolépticas en sabor y aceptabilidad, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.
- Los resultados obtenidos en el análisis microbiológico permite determinar los tratamientos están dentro de los límites permisibles de acuerdo al decreto 22021- MEIC, en cuanto a mohos y levaduras ($1 \cdot 10^3$ ufc) que debe detener un pan, por lo tanto son aptos para el consumo humano.

5.2. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados de la investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

- Desarrollar estudios para determinar el tiempo de vida útil del pan de la formulación de harinas, de trigo, de papa, de garbanzo y determinar el costo de producción
- Estudiar el comportamiento otros hidrocoloides como la goma garrofín, HPMC, goma guar, CMC, con el fin de obtener una estructura ideal en el pan.
- Investigar sobre la cantidad optima de levadura que sea capaz de incrementa el CO₂ necesario para lograr un volumen adecuado en el pan.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- A.O.A.C. (2000). Association of Official Analytical Chemist.
- Abdel-Aal ESM, E., Hucl, P., Chibbar, R., Han, H., & Demeke, T. (2002). Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and nonwaxy wheats. *Cereal Chem.*
- Abdel-Aal, E. (2009). Functionality of starches and hydrocolloids in gluten free foods. *Gluten-free food science and technology.*
- Aguilar Raymundo , V. G., & Vélez Ruiz, J. F. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). México.
- Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M., & Huber, C. S. (2005). Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in lowprotein and gluten-free breads. *Cereal Chem.*
- Albert, S., & Mittal, G. S. (2002). Comparative evaluation of edible coatings to reduce the uptake in a deep fried cereal product.
- Aller Pellitero, M. (2014). Aptaensayo con detención espectrofotométrica para cuantificación del gluten. Oviedo.
- Alonso Franch, M., Apraiz Pineda, M., Balas Pérez, A., Bravo García, C., Cano Ruiz, A., Fernández Sánchez, C., y otros. (Diciembre de 2001). *Enfermedad Celíaca: Manual del Celíaco.*
- Alvarado. (2009). Obtención de harian de yuca para el desarrollo de productos dulces destinados para la alimentación de celíacos.
- Álvarez Restrepo, C. (2014). Formulación de una materia prima con competencia tecnológica para ser aplicada en el diseño de alimentos ibres de gluten mejorados nutricionalmente. Universidad de Antioquia Facultad de Química Farmacéutica, Medellín.
- Angioloni, A. (2013). Los hidrocoloides aditivos de alta funcionalidad. EPSA ADITIVOS ALIMENTARIOS, S.A.
- Anton, A. A., Ross, K. A., Lukow, O. M., Fulcher, R. G., & Arntfield, S. D. (2008). Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *Food Chem.*

- Arendt, E. K., & Dal Bello, F. (2008). *Gluten-free cereal products and beverages* (Vol. 1a. Ed). San Diego, California : Elsevier Inc.
- Asociación celiaca de Uruguay. (2016). *Listado de alimentos libres de gluten*. Montevideo, Uruguay.
- Azizi, M. H., & Rao, G. V. (2003). *Effect of surfactant gel and gum combinations on dough rheological characteristics and quality of bread*. Mysore, India: Blackwell Publishing.
- Bai, J. C., Fried, M., Corazza, G. R., Schuppan, D., Farthing, M., Catassi, C., y otros. (2010). *Guía práctica de la Organización Mundial de Gastroenterología: Enfermedad celíaca*.
- Barreto Martínez, M. (2015). *Elaboración de un pan gourmet a base de harina de garbanzo y trigo; incorporando albahaca con cualidades nutritivas mejoradas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Ciencia Animal, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Barroso, J. M. (2014). *Enfermedad celíaca: intolerancia permanente al gluten*. Bruselas.
- Bejarano, E., Bravo, M., Huamán, M., Huapaya, C., Roca, A., & Rojas, E. (2002). *Tabla de composición de alimentos industrializados*. Instituto Nacional de Salud. Centro de Alimentación y Nutrición, Ministerio de Salud, Lima.
- Burešová, I., Kráčmar, S., Dvořáková, P., & Středa, T. (September de 2014). The relationship between rheological characteristics of gluten-free dough and the quality of biologically leavened bread. *Journal of Cereal Science*, 60.
- Carolini, E., Martinez, R., & Montero M., S. (2013). *Evaluación del conocimiento sobre la ley celíaca y de la adecuación económica del subsidio otorgado*.
- Catassi, C. (2005). *El mapa mundial de la enfermedad celíaca*.
- Cerón, A. F., Hurtado B., A., Osorio M., O., & Buchely, M. (2010). *Estudio de la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa (Solanum tuberosum), como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería*. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9.
- CIElab y CIElch . (2010).
- CODEX ALIMENTARIUS. (2008). *Norma relativa a los alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten* .

- Costell, E. (2001). La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer. Arbor.
- Cuautitlan, O. (5 de mayo de 2013). Universidad Autónoma de México. Recuperado el 8 de Enero de 2017, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=20
- Cubero, N., Monferrer, A., & Villalta, Y. (2002). Aditivos Alimentarios. España: Mundi Prensa.
- Cueto, D., Pérez, E., Borneo, R., & Ribotta, P. (2011). Efecto de la adición de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sobre las características sensoriales, reológicas y físicas de tortas y panquecas. Venezuela.
- Da Silva Borges, J. T., Ribeiro Pirozi, M., Cláudia Denise De Paula, Leite Ramos, D., & Paes Chaves, J. B. (junio de 2011). Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. *Boletim Do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 29.
- Da Silva, J. T., Gonçalves, J., De Sousa e Silva, N. A., Ribeiro, M., & De Paula, C. D. (2013). Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*.
- Da Silva, M. A., Neves, V. A., & Lourenço, E. J. (2001). Frações protéicas e globulina principal de Graõ-de-bico (*Cicer arietinum* L.). IAC-Marrocos. (s.f.). Decreto N° 22021- MEIC NCR 151:1993. La Gaceta.
- Despacho visual. (22 de octubre de 2010). CIELab y CIELch.
- Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T., & Gellynck, X. (2008). Nutritional value of bread: influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*(48).
- Donnelly, D., & Kubow, S. (2011). Role of Potato in Human Health. *Colloque sur la pomme de terre CRRAQ*.
- Duodu, K. G., & Minnaar, A. (2011). Legume Composite Flours and Baked Goods: Nutritional, Functional, Sensory, and Phytochemical Qualities. *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. South Africa: Elsevier Inc.

- Durakova, A. G., & Menkov, N. D. (2015). Moisture sorption characteristics of chickpea flour. *Food Eng.*
- El Universo. (20 de Diciembre de 2010). Enfermos de celiaquía reclaman por falta de apoyo del Gobierno.
- Fáider, A. (2002). Trigo, harina y pan distribución y consumo.
- FAO. (2008). Año internacional de la papa.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Flores Vera, N. A. (2015). Entrenamiento de un panel de evaluación sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Santiago.
- Freeman. (2008). *Bioquímica*. Barcelona: Reverte.
- García, G. (2004). Estudio de los cultivos andinos en el Ecuador. ESPOCH-INIAP.
- González Cruz, L., Filardo Kerstupp, S., Simitrlo Juárez Goiz, J. M., Guemes Vera, N., & Bernardino Nicanor, A. (2014). Características nutricionales del garbanzo. México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- González Toro, A. (2012). Desarrollo de un producto de panificación a partir de una harina de compuesta de trigo, garbanzo y brócoli. Cali.
- Gularte, M. A., Gomez, M., & Rosell, C. M. (2012). Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. *Food Bioprocess Technology*.
- Hernández Olivas, E., Rocha Esparza, M. A., Márquez Meléndez, R., Talamas Abbud, R., Galicia García, T., Torres Flores, N., y otros. (2016). Caracterización de masas con base en mezclas de frijol - maíz y garbanzo - maíz. Hermosillo, Sonora, México.
- Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Revista Biotecnología en el sector Agropecuario*, 8(2).
- Hougt, G. (2013). Taller de análisis sensorial de Alimentos. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

- Hoyos Sánchez, D., & Palacios Peña, A. G. (2015). Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación. Cali, Colombia.
- Hug-Iten, S., Conde-Petit, B., & Echer, F. (2001). Structural properties of starch in bread and bread model systems—influence of an antistaling α -amylase . Cereal Chem.
- Hui, Y. H. (2006). Bakery Products Science and Technology. USA, , Ames, Iowa : Blackwell Publishing .
- INFOAGRO. (2016). Resultados en Base fresca. Obtenido de <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/patata-patatas-papa-papas.htm>
- INIAP. (2009). Estado y Aprovechamiento de la Avena en el Ecuador . Informativo Mensual, 8-10.
- INIAP. (2012). Programa nacional de leguminosas y granos andinos. QUITO: INIAP.
- Instituto Politécnico Nacional. (2010). Temas en tecnología de alimentos. México.
- Jan Koolman, K. R. (2012). Bioquímica texto y atlas. España: Panaamericana.
- Jiménez Mazaran, C. A., & Landa Robles, Y. C. (s.f.). propiedades nutricionales y funcionales de las distintas harinas utilizadas para la elaboración de un pan de alto valor nutricional. 2018.
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). British Journal of Nutrition, 108.
- Kaur, M., & Singh, N. (2005). Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Food Chem.,.
- Kirk, R. S., Sawyer, R., & Egan, H. (2005). Composición y análisis de alimentos de Pearson (Séptima ed.). México: Continental.
- Kohajdová, Z., & Karovičová, J. (2008). Application of hydrocolloids as baking improvers. Bratislava, Slovakia: Chemical Papers.

- Larrosa, V. J. (2014). Efectos de los hidrocoloides en las características fisicoquímicas y reológicas de pastas libres de gluten aptas para individuos celíacos.
- Latorre Lopez, D. C., & Yance Guevara, A. E. (2012). Plan de comercialización para la introducción del pan de molde para diabéticos y dieta al mercado de la ciudad de Guayaquil. Guayaquil.
- Layango Gallardo, H. M., Valverde Gonzalo, K. H., & Mayaute Dominguez, Y. A. (2015). Evaluación de la goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) como retenedor de humedad en una premezcla para pan de molde. Área de Innovación y Desarrollo S.L.
- León, K., Domingo, M., Pedreschi, F., & León, J. (2006). Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images.
- Lezcano, E. (2010). Cereales en el Desayuno. Argentina: MinAgri.
- Loftus, C. G., & Murray, J. A. (27 de Junio de 2003). Celiac Disease: Diagnosis and Management.
- Margarita Olivera C, V. F. (Septiembre de 2012). Development of nutritive cereal bars and effect of processing on the protein quality. 18-25. Santiago, Chile.
- Mataix, J., & Maldonado, L. (2009). Síndromes de maldigestión y malabsorción IV. Enfermedad celíaca y esprue tropical. Madrid.
- Melian Subiabre, D. E. (2010). Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de chiloé y dos variedades comerciales. Valdivia.
- Mohammad, R., Jafar, M., & Gisoo, M. (2014). Physical Properties of Gluten-Free Bread Made of Corn and Chickpea Flour.
- Mohammeda, I., Ahmed, A. R., & Senge, B. (2012). Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*.
- Molina Rosell, C. (2013). Alimentos sin gluten derivados de cereales. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC), Barcelona.
- Moraes Crizel, T. d., Rubira Silva, C., Mercedes, M. d., & Mellado, S. (2011). Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. *Brazilian Journal Food Technology*, 14(4).

- Morales Hernández, N., & Silva Doddoli, M. C. (2011). Perfil sensorial de pan blanco de caja y su comparación entre el análisis instrumental y microscopía óptica. México.
- Nora R., P. (2010). Calidad panadera de variedades de trigo puras y sus mezclas. Influencia del agregado de aditivos.
- Norberto, C., & E., P. (s.f.). Papa cruda. Obtenido de <http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/Chef/papas%20y%20patatas.htm#3>
- NTE INEN 2945-2014-XX. (2014). Pan. Requisitos. Quito.
- NTE INEN 616. (2015). Ecuatoriana, Norma técnica.
- NTE INEN, 2235:2012. (2012). Alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten. Quito.
- Nyström, L. (2007). Total Plant Sterols, steryl ferulates and steryl glycosides in milling fractions of wheat and rye. *J.Cereal Sci*, 106-115.
- Olán, M., Espitia Rangel, E., Villaseñor Mir, H. E., Molina Galán, J. D., López Sánchez, H., Santacruz Varela, A., y otros. (2010). Proteínas del gluten y reología de trigos harineros mexicanos influenciados por factores ambientales y genotípicos. México.
- OMS. (2012). Informe Técnico 916, Dieta, Nutrición y Prevención. OMS.
- Onyango, C. (2016). Starch and modified starch in bread making: A review. *African Journal of Food Science*, 10.
- Ordaz Trinidad, N. (2010). Desarrollo de un producto de panificación destinado a personas con enfermedad celíaca. México D.F.
- Org, A. S. (23 de Abril de 2014). Alimentacion Sana. Obtenido de <http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/alimentos/nueces.htm>
- Ouazib, M., Dura, A., Zaidi, F., & Rosell, C. M. (February de 2016). Effect of Partial Substitution of Wheat Flour by Processed (Germinated, Toasted, Cooked) Chickpea on Bread Quality. *Institute of Agrochemistry and Food Technology (IATA-CSIC)*, 4(1).
- Parada, A., & Araya, M. (2010). El gluten. Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. *Rev Med Chile*.
- Pascual Chagman, G., & Zapata Huamán, J. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum aestivum* L por harina de kiwicha *Amaranthus caudatus*

- L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. Lima, Perú.
- Pateras IMC. (2007). Bread spoilage and staling. (T. o. making, Ed.) New York: Cauvain SP, Young LS.
- Payahuanca Mamani, I., & Matos Chamorro, A. (2011). La formación de la masa, la fermentación y los métodos de proceso en la elaboración del pan. Lima.
- Peña Solano, Y. M. (2017). Evaluación del efecto del método químico (eritorbato de sodio), físico (escaldado) y el proceso de secado sobre el pardeamiento enzimático y no enzimático de oritos *Musa acuminata* AA rebanados. Ibarra, Ecuador .
- Phillips, G. O., & Williams Peter A. (2000). Introduction to hydrocolloids: Handbook of Hydrocolloids. Oxford Cambridge New Delhi: Woodhead Publishing Limited.
- Polo Chávez, I. A. (2012). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de seis variedades de leguminosas: arveja, garbanzo, haba, lenteja, maní y soya. Quito.
- Ponce Ramírez, J. C., Málaga Juárez, J. A., Huamani Huamani, A. L., & Chuqui Diestra, S. R. (2016). Optimización de la concentración de la α -amilasa y lactosuero en el mejoramiento de las características tecnológicas, nutricionales y sensoriales del pan francés.
- Prokop, S., & Janice, A. (s.f.). Papa hervida y pelada de la división de nutrición y protección del consumidor. Obtenido de 2008: <http://www.potato2008.org/es/lapapa/hojas.html>.
- Rabinowitz. (2014). Las bases moleculares de la vida. China: CTPS.
- Rizzello, C. G., Calasso, M., Campanella, D., Angelis, M. D., & Gobbetti, M. (16 de Junio de 2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat , chickpea , lentil and bean fl ours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *Internacional de Microbiología de Alimentos*, 180.
- Rodrigo, L., & Salvador Peña, A. (2013). Enefermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca (1a ed.). Barcelona, España: OmniaScience (Omnia Publisher SL).

- Rodrigues, J., Beltrame, S. C., Maciero, M., Grotto, P., Cervejeira, B., & Godoy, E. D. (2011). Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. *Revista Tecnológica Especial V Simpósio de Engenharia, Ciencia y tecnologia de Alimentos*,.
- Sahin, S., & Gülüm Sumnu, S. (2006). *Physical Properties of Foods*. (L. Springer Science+Business Media, Ed.) Ankara, Turkey.
- Salinas, M. V. (2013). Estudio de la calidad panadera, sensorial y nutricional de panes elaborados con harina de trigo fortificada con sales de calcio e inulina.
- Sandoval Chasi, G. A. (2011). Desarrollo de mezclas farináceas de cereales (maíz, quínua y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos. Ambato.
- Santos, O. (6 de Julio de 2014). Cereales Andinos Peruanos Santos. Recuperado el 5 de Enero de 2017, de <http://jasmin1027.blogspot.com/2014/07/cereales-andinos.html>
- Schmiele, M., Hackbart Da Silva, L., Pinto Da Costa, P. F., Da Silva Rodrigues, R., & Chang, Y. K. (2011). Influência da adição de farinha integral de aveia, flocos de aveia e isolado proteico de soja na qualidade tecnológica de bolo inglês. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*.
- Souci, S. (2002). *Food Composition and Nutrition tables*. Florida: CRC Press.
- Steffolani, M. E. (2012). Efecto de las enzimas pentosanasa, glucosa oxidasa y transglutaminasa en productos de panificación. Universidad Nacional de La Plata.
- Straumite, E., Murniece, I., Kunkulberga, D., & Klava, D. (2008). Evaluation of nutrients available from different kinds of bread and their coverage in comparison to reference daily intake in adult group. *FOODBALT*.
- Tabla de composición de alimentos ecuatorianos. (2009).
- The University of Chicago Celiac Disease Center. (August de 2005). *Celiac Disease Facts and Figures*.

- Topping, D. L., & Clifton, P. M. (2001). Short chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides.
- Torres Rapelo, A., Montero Castillo, P., & Duran Lengua, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista lasallista de investigación*, 10(2).
- Torres, A. D. (2016). *Tecnología de cereales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Torres, E., & Pacheco de D, E. (2007). Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo de trigo, yuca y queso llanero. 34.
- Toufeili, I., Dagher, S., Shadarevian, S., Nouredd, A., Sarakbi, M., & Farran, T. M. (2005). Formulation of gluten-free pocket-type flat breads: Optimization of methylcellulose, gum arabic, and egg albumen levels by response surface methodology.
- Ugwuona, F. S., & Suwaba, S. (2013). Effects of Defatted Jack Bean Flour and Jack Bean Protein Concentrate on Physicochemical and Sensory Properties of Bread. *Official Journal of Nigerian Institute of Food Science and Techonology*, 31(2).
- Utrilla Coello, R. G., SáyagoAyerdi, S. G., Bello Pérez, L. A., & Osorio Díaz , P. (2006). Estudio de la digestibilidad del almidón de pan adicionado con harina de garbanzo (*Cicer arietinum*). México: Colegio Mexicano de Ingenieros Bioquímicos, A. C.
- Valencia Maldonado, B. D. (2009). Evaluación técnica financiera de la industrialización del garbanzo (*cicer arietinum*) usando un proceso extrusión. Quito.
- Valero Muñoz, A. (2013). *Principios de color y holopintura*. España: Club Universitario.
- Vargas Villena, E. (2016). Caracterización fisicoquímica de pan molde blanco con sustitución parcial de harina de pajuro (*Erythrina edulis*). Universidad Peruana Unión, Lima.
- Vásquez Riascos, A. M. (2015). Estimación de las coordenadas CIEL*a*b* en concentrados de tomate utilizando imágenes digitales. Palmira, Colombia.

- Vasquez, D., & Wastts, B. (2004). Gluten extensibility: a key factor in Uruguayan wheat quality. the gluten proteins. the Royal Society of Chemists . Cambridge UK.
- Verdini, R. (2016). Química de los alimentos cereales .
- Villacres et al, E. (s.f.). INIAP- Departamento de nutrición y calidad. Obtenido de Tubérculo completo. Muestra fresca.
- Villanueva Flores, R. (2014). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. Universidad de Lima, Lima, Perú.
- Viviant, V. (25 de Febrero de 2017). Barras de cereales una golosina saludable. Obtenido de Publitec: <http://www.publitec.com/LAL%20258/LAL%20258.pdf>
- Ward, F., & Andon, S. (2002). Hydrocolloids as film formers, adhesives and gelling agents for bakery and cereal products. Cereal Foods World.
- While, J. (2012). Química Organica. Madrid : Panamericana.
- Zuleta Azmitia, C. L. (2012). Determinación del factor de conversión de peso y volumen de papa, sometida a métodos de cocción húmedos y fritura. Guatemala.

ANEXOS

Tabla A1: ADEVA textura masa de pan

F de V	SC	GL	CM	F Cal	5%	1%
Total	6,23	20				
Trat.	4,34	6	0,72	4,5 *	3	4,82
FA	1,16	2	0,58	3,63 ns	3,89	6,93
FB	0,15	1	0,15	0,94 ns	4,75	9,33
IAB	0,07	2	0,04	0,25 ns	3,89	6,93
Tgo vs R	2,96	1	2,96	18,47 **	4,75	9,33
Error	1,87	12	0,16			

C.V= 0.88%

ns: No significativo; *: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%

Tabla A2: ADEVA humedad masa de pan

F de V	SC	GL	CM	F Cal	5%	1%
Total	283,95	20				
Trat.	283,26	6	47,21	786,83 **	3	4,82
FA	13,35	2	6,68	111,33 **	3,89	6,93
FB	0,72	1	0,72	12 **	4,75	9,33
IAB	0,05	2	0,03	0,5 ns	3,89	6,93
Tgo vs R	269,14	1	269,14	4485,66 **	4,75	9,33
Error	0,69	12	0,06			

CV= 0,73%

*: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%; ns: No significativo

Tabla A3: ADEVA almidón masa de pan

F de V	SC	GL	CM	F Cal	5%	1%
Total	52,54	20				
Trat.	51,31	6	8,55	122,14 **	3	4,82
FA	36,39	2	18,2	260 **	3,89	6,93
FB	1,43	1	1,43	20,43 **	4,75	9,33
IAB	0,47	2	0,24	3,43 ns	3,89	6,93
Tgo vs R	13,02	1	13,02	186,05 **	4,75	9,33
Error	0,83	12	0,07			
C.V= 0,91%						

*: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%; ns: No significativo

Tabla A4: Análisis de varianza para los parámetros de luminosidad (L*), Hue (°), Croma en masa de pan

F de V	GL	Luminosidad (L*)	Hue (°)	Croma
		F. Cal.	F. Cal.	F. Cal.
Total	20			
Trat.	6	270,42 **	42,04 **	207,78 **
FA	2	16,9 **	17,13 **	312,89 **
FB	1	4,29 ns	5,38 *	107,85 **
IAB	2	2,56 ns	0,42 ns	33,39 **
Tgo vs R	1	1579,34 **	211,76 **	446,29 **
Error	12			
C.V.		1,45%	1,04%	4,28%

*: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%; ns: No significativo

Tabla A5: ADEVA textura en pan

F de V	SC	GL	CM	F Cal	5%	1%
Total	786,55	20				
Trat.	742,88	6	123,81	38,81 **	3	4,82
FA	25,15	2	12,58	3,94 *	3,89	6,93
FB	5,59	1	5,59	1,75 ns	4,75	9,33
IAB	6,26	2	3,13	0,98 ns	3,89	6,93
Tgo vs R	705,88	1	705,88	221,28 **	4,75	9,33
Error	38,26	12	3,19			
Cv= 4,46%						

*: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%; ns: No significativo

Tabla A6: ADEVA de humedad pan

F de V	SC	GL	CM	F Cal	5%	1%
Total	332,41	20				
Trat.	331,9	6	55,32	1383 **	3	4,82
FA	253,42	2	126,71	3167,75 **	3,89	6,93
FB	22,89	1	22,89	572,25 **	4,75	9,33
IAB	23,06	2	11,53	288,25 **	3,89	6,93
Tgo vs R	32,53	1	32,53	813,22 **	4,75	9,33
Error	0,45	12	0,04			
CV= 0,71%						

*: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%; ns: No significativo

Tabla A7: ADEVA almidón de pan

F de V	SC	GL	CM	F Cal	5%	1%
Total	78	20				
Trat.	75,38	6	12,56	62,8 **	3	4,82
FA	44,41	2	22,21	111,05 **	3,89	6,93
FB	7,87	1	7,87	39,35 **	4,75	9,33
IAB	1,9	2	0,95	4,75 *	3,89	6,93
Tgo vs R	21,2	1	21,2	105,98 **	4,75	9,33
Error	2,44	12	0,2			
C.V= 1,22%						

*: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%

Tabla A8: ADEVA para los parámetros de luminosidad (L*), Hue (°), Cromo en pan

F de V	Luminosidad (L*)		Hue (°)	Croma
	GL	F. Cal.	F. Cal.	F. Cal.
Total	20			
Trat.	6	429,94 **	13,02 **	2755,5 **
FA	2	773,09 **	20,76 **	5299,17 **
FB	1	267,03 **	8,89 *	1664,5 **
IAB	2	48,22 **	1,75 ns	251,17 **
Tgo vs R	1	670,01 **	24,21 **	3768,03 **
Error	12			
C.V.		0,59%	2,48%	1,31%

*: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%; ns: No significativo

Tabla A9: ADEVA de proteína pan

F de V	SC	GL	CM	F Cal	5%	1%
Total	300,91	20				
Trat.	300,73	6	50,12	5012 **	3,00	4,82
FA	59,08	2	29,54	2954 **	3,89	6,93
FB	11,70	1	11,70	1170 **	4,75	9,33
IAB	2,44	2	1,22	122 **	3,89	6,93
Tgo vs R	227,51	1	227,51	22751,32 **	4,75	9,33
Error	0,16	12	0,01			
CV= 0,65 %						

*: Altamente significativo; **: Altamente significativo al 5%

Tabla A10: Panes obtenidos con las diferentes harinas compuestas

Producto	Ilustración del producto obtenido
Pan 100% trigo	
Pan #1: 60% harina papa, 20% harina trigo, 20% harina garbanzo con 0,4% xantha	
Pan #2: 60% harinapapa, 20% harina de trigo, 20% harina garbanzo con 0,7% xantha	
Pan #3: 40% harina papa, 20% harina trigo, 40% harina garbanzo con 0,4% xantha	
Pan #4: 40% harina papa, 20% harina trigo, 40% harina garbanzo con 0,7% xantha	
Pan #5: 20% harina papa, 20% harina trigo, 60% harina garbanzo con 0,4% xantha	
Pan #6: 20% de harina de papa, 20% harina de trigo, 60% harina de garbanzo con 0,7% xantha	

NORMA INEN PARA PAN



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 2945

2014-XX

PAN. REQUISITOS

BREAD. REQUIREMENTS

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, productos de panificación, panadería, pan,
ICS: 67.060.00

04
páginas

Norma Técnica Ecuatoriana	PAN REQUISITOS.	NTE INEN 2945
---------------------------	-----------------	---------------

0 INTRODUCCION

Los requisitos de la presente norma solo podrán satisfacerse cuando en la fabricación del producto se utilicen materias primas e ingredientes de buena calidad y se elaboren en locales e instalaciones bajo condiciones higiénicas que aseguren que el producto sea apto para el consumo humano.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el pan destinado a la comercialización para consumo humano.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN ISO 712 Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia (IDT)

NTE INEN ISO 11085 Cereales, productos de cereales y alimentos para animales. Determinación del contenido de grasa bruta y grasa total mediante el método de extracción de Randall (IDT)

NTE INEN ISO 20483 Cereales y Leguminosas. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína bruta. Método de Kjeldahl (IDT)

NTE INEN 2859-1 Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote

NTE INEN 1334-1 Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos

NTE INEN 1334-2 Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos

NTE INEN 1334-3 Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 3. Requisitos para declaraciones nutricionales y declaraciones saludables

NTE INEN-CODEX 192. Norma General del codex para los aditivos alimentarios (MOD).

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para efecto de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1 Pan. Producto alimenticio obtenido por la cocción de una masa fermentada o no, hecha con harina y agua potable, con o sin el agregado de levadura, con o sin la adición de sal, con o sin la adición de otras sustancias permitidas para esta clase de productos alimenticios.

3.2 Miga. Parte interna de un producto de panificación homeado caracterizado por una estructura porosa.

3.3 Cortaza. Parte externa de un producto de panificación homeado con características de color, resistencia, grosor y consistencia propias del producto

3.4 Pseudocereales: Plantas de hoja ancha que producen semillas (granos) parecidas a las de las gramíneas. Estas semillas se asemejan en función y composición a de los verdaderos cereales.

4. REQUISITOS

El pan debe cumplir con los siguientes requisitos:

4.1. Los ingredientes (básicos y opcionales) utilizadas en la elaboración del pan deben sujetarse a las Normas Técnicas Ecuatorianas correspondientes.

4.2. Organolépticas

4.2.1 Aspecto externo

Las piezas de pan entre sí deben conservar semejanza en tamaño y forma de acuerdo al producto y según sea su presentación.

4.2.2 Cortaza

El pan debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas y una textura ligeramente flexible.

4.2.3 Miga

La miga debe ser elástica porosa y uniforme, no debe ser pegajosa, ni desmenuzable.

4.2.4 Olor y sabor

El olor y sabor deben ser los característicos a su formulación.

4.3 Fisicoquímicas

Los panes deben cumplir con los requisitos fisicoquímicas establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Límites para los requisitos fisicoquímicos para el pan

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Humedad	%	20	40	NTE INEN ISO 712
Grasa	%	1.5	4	NTE INEN ISO 11085
*Proteínas (en 100 g)	g	7	—	NTE INEN ISO 20483

*se excluye al pan de yuca debido a que el nivel de proteínas que este contiene es de 3.5 g por cada 100 g.

4.4 El límite de ocratoxina A presente en el pan no debe exceder el valor establecido en la tabla 2.

Tabla 2. Límites para la presencia de ocratoxina A en el pan

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Ocratoxina A	µg/kg	—	3	NTE INEN ISO 15141 -1 o NTE INEN ISO 15141-2

4.4 Composición del producto

4.4.1 Ingredientes básicos

- a) Harina de cereales, pseudocereales, oleaginosas, tubérculos o leguminosas

NOTA. La harina usada en la fabricación de pan puede ser una fuente de microorganismos que deterioran el alimento. La sensibilidad del pan a la formación de moho depende de su formulación y las condiciones de almacenamiento. Es útil realizar una prueba práctica de horneado para determinar si una harina en particular es adecuada para la fabricación del pan, para esto se debe preparar un pequeño lote de pan de la manera habitual, almacenar el pan bajo condiciones normales de almacenamiento y verificar mediante inspección visual si hay o no desarrollo de moho.

- b) Agua potable
c) Levadura activa, fresca o seca, natural o leudantes químicos
d) Sal
e) Grasa vegetal
f) Azúcar

4.4.2 Ingredientes opcionales

- a) Leche o sus derivados
b) Aditivos para alimentos

NOTA. Se permite el uso de aditivos enlistados en la NTE INEN-CODEX 102. Norma General del Codex para los aditivos alimentarios (MOD).

4.5 Peso y Tamaño

Para efectos de comercialización el pan debe tener una tolerancia en el peso que será del 10 % para panes de hasta 50 g de peso y del 5 % para panes superiores a 50 g en peso.

5. INSPECCIÓN

5.1 Muestreo

Las muestras de pan deben tomarse cuando su temperatura interna, sea igual a la temperatura ambiente.

El plan o esquema de muestreo se realizará en base a la norma NTE INEN ISO 2859-1.

5.2 Criterios de aceptación o rechazo

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, de acuerdo con los criterios de aceptación o rechazo, se rechazará el lote. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos.

6. ENVASADO Y EMBALADO

El pan podrá ser comercializado envasado de acuerdo a las características del producto.

El envase utilizado será de un material adecuado, no tóxico, resistente y que asegure la buena conservación del producto.

7. ROTULADO

El rotulado del pan debe cumplir con lo establecido en la norma NTE INEN 1334-1, norma NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3.

APÉNDICE Z

BIBLIOGRAFÍA

NTC 1363 *Pan. Requisitos*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Colombia. 2005.

NMX-F-521-1992 *Alimentos – Productos de Panificación- Clasificación y Definiciones*. Dirección General de Normas. México. 1992

NMX-F-442-1983 *Alimentos – Pan – Productos de Bollería*. Dirección General de Normas. México. 1983

Código Alimentario Argentino. *Capítulo IX. Alimentos Farináceos – Cereales, Harinas y Derivados*. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología médica. Argentina. 2010

American Association of Cereal Chemists International 1999. *Definitions*.
<http://www.aaccnet.org/Initiatives/definitions/Pages/WholeGrain.aspx>

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2945	TÍTULO: PAN. REQUISITOS	Código: 67.060.00
-----------------------------	-------------------------	----------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 20-11-2014	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública:

Subcomité Técnico de: Fecha de iniciación: Integrantes del Subcomité:	Fecha de aprobación:
---	----------------------

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
----------	---------------------------

Otros trámites: Esta NTE INEN 2945, reemplaza a la NTE INEN 93, NTE INEN 94, NTE INEN 95 y NTE INEN 96

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como:	Por Resolución No.	Registro Oficial No.
--------------------	--------------------	----------------------

PROYECTO A2

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-20 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3899 - Telfs: (503 2) 2 501885 al 2 501891 - Fax: (503 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenlobamba@inen.gov.ec
[URL:www.normalizacion.gov.ec](http://www.normalizacion.gov.ec)

NORMA INEN PARA TRIGO



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 616

Cuarta revisión
2015-01

HARINA DE TRIGO. REQUISITOS

WHEAT FLOUR. REQUIREMENTS

DESCRIPTORES: Productos alimenticios, cereales, productos derivados, harina de trigo, requisitos
ICS: 67.060

8
Página

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HARINA DE TRIGO REQUISITOS	NTE INEN 616:2015 Cuarta revisión 2015-01
---	-------------------------------	--

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo destinadas al consumo humano y al uso en la elaboración de otros productos alimenticios.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias con fecha, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier enmienda).

NTE INEN 517, *Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de partículas*

NTE INEN 520, *Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza*

NTE INEN 521, *Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable*

NTE INEN 525, *Determinación del bromato de potasio en harinas blanqueadas y en harina integral (Método cualitativo y cuantitativo)*

NTE INEN 1334-1, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos*

NTE INEN 1334-2, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos*

NTE INEN 1334-3, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 3. Requisitos para declaraciones nutricionales y declaraciones saludables*

NTE INEN 1529-8, *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E.coli*

NTE INEN 1529-10, *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad*

NTE INEN-CODEX 192, *Norma general del Codex para los aditivos alimentarios (Mod)*

NTE INEN-CODEX 193, *Norma general para los contaminantes y las Toxinas presentes en los alimentos y plenosos*

NTE INEN-CODEX STAN 228, *Métodos de análisis generales para los contaminantes*

NTE INEN-ISO 712, *Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia*

NTE INEN-ISO 2171, *Cereales, leguminosas y subproductos. Determinación del rendimiento de cenizas por incineración*

NTE INEN-ISO 20483, *Cereales y leguminosas. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína bruta. Método Kjeldahl*

NTE INEN-ISO 24333, *Cereales y productos derivados. Toma de muestras*

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

NTE INEN-ISO 11085, *Cereales, productos a base de cereales y alimentos para animales. Determinación del contenido de grasa bruta y grasa total mediante el método de extracción Randall*

NTE INEN-ISO 21415-1, *Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 1: Determinación de gluten húmedo mediante un método manual*

NTE INEN-ISO 21415-2, *Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 2: Determinación de gluten húmedo por medios mecánicos*

ISO 15141-1, *Productos alimenticios. Determinación de Ocratoxina A en cereales y productos derivados. Parte 1: Método de cromatografía líquida de alta resolución con lavado en gel de sílice*

ISO 15141-2, *Productos alimenticios. Determinación de Ocratoxina A en cereales y productos derivados. Parte 2: Método de cromatografía líquida de alta resolución con lavado en bicarbonato*

Rec. TE INEN-OIMLR 87, *Cantidad de producto en paquetes*

AOAC 2003.06, *Grasa bruta en piensos, granos de cereales y forrajes. Método de extracción Randall/Soxtec*

AOAC 997.02, *Contaje de mohos y levaduras en alimentos. Película seca rehidratable. (Método Petrifilm™)*

AOAC 991.14, *Coliformes y Escherichia coli. Contaje en alimentos. Película seca rehidratable (Método Petrifilm™ E. coli/Coliform)*

AOAC 2000.03, *Ocratoxina A en Cebada. Inmunofluorescencia por columna de HPLC columna*

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones.

3.1 Harina de trigo. Producto que se obtiene de la molienda de los granos de trigo. Puede o no tener aditivos alimentarios.

3.2 Fortificación o enriquecimiento. Adición de uno o más micronutrientes a un alimento, tanto si está como si no está contenido normalmente en el alimento, con el fin de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la población.

3.3 Harina fortificada. Harina de trigo a la que se ha adicionado vitaminas, sales minerales u otros micronutrientes.

3.4 Agentes de tratamiento de harinas. Aditivos alimentarios que se añaden a la harina de trigo para mejorar su funcionalidad.

3.5 Gluten. Sustancia viscoelástica compuesta principalmente por dos fracciones proteicas (gliadina y glutenina) hidratadas.

3.6 Leudante. Toda sustancia química u organismo que actúa como agente de gasificación mediante la producción de dióxido de carbono (CO₂).

3.7 Harina autoleudante. Harina de trigo que contiene sustancias leudantes.

3.8 **Harina Integral.** Harina elaborada a partir de granos de trigo que conserva el salvado y el germen.

4. CLASIFICACIÓN

La harina de trigo se clasifica de acuerdo a su uso en:

- 4.1 Harina de trigo para panificación,
- 4.2 Harina de trigo para pastificos,
- 4.3 Harina de trigo para pastelería y galletería,
- 4.4 Harina de trigo autoleudante,
- 4.5 Harina de trigo para todo uso,
- 4.6 Harina de trigo Integral.

5. REQUISITOS

5.1 Generalidades

La harina de trigo debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Estar exenta de cualquier peligro físico, químico o biológico que afecte la inocuidad del producto,
- b) Tener un olor y sabor característico del grano de trigo molido.

5.2 Requisitos físicos y químicos

Para efectos de esta norma deben cumplirse los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo

REQUISITOS	Unidad	Pastificos	Panificación	Pastelería y galletería	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad, máximo	%	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	15,0	NTE INEN-ISO 712
Proteína (materia seca)*, mínimo	%	10,5	10	7	7	9	11	NTE INEN-ISO 20483
Cenizas (materia seca), máximo	%	0,85	1	0,8	3,5	0,8	2,0	NTE INEN-ISO 2171
Acidez (expresado en ácido sulfúrico), máximo	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	NTE INEN 521

REQUISITOS	Unidad	Pastificios	Panificación	Pastería y galletería	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO	
Gluten húmedo, mínimo	%	28	28	20	20	25	-	NTE INEN-ISO 21415-1 o NTE INEN-ISO 21415-2	
Grasa (materia seca), máximo	%	2	2	2	2	2	3	NTE INEN-ISO 11085 AOAC 2003.05**	
Tamaño de partícula									
Pasa por un tamiz de 212 μm , mínimo	%	95						-	NTE INEN 517

* Factor de conversión de nitrógeno a proteína para trigo $w_N \times 5,7$.

** Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.

5.3 Ingredientes facultativos

Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:

- productos molidos con actividad enzimática, fabricados con trigo, centeno o cebada;
- gluten vital de trigo;
- harina de soja y harina de leguminosas.

NOTA: La harina de trigo puede ser tratada con enzimas como coadyuvantes tecnológicos, el nivel de uso debe estar de acuerdo a las buenas prácticas de fabricación, BPF.

5.4 Aditivos alimentarios

5.4.1 La harina de trigo debe cumplir con el nivel máximo permitido de los aditivos y de los agentes de tratamiento de harinas, conforme a lo establecido en la NTE INEN-CODEX 192.

5.4.2 Bromato de potasio

En la harina de trigo no se admite el uso de bromato de potasio. La determinación debe realizarse según la NTE INEN 525, cuyo resultado debe ser "ausencia".

5.5 Sustancias de fortificación

La harina de trigo debe fortificarse conforme al "Reglamento de fortificación y enriquecimiento de la harina de trigo en el Ecuador para la prevención de las anemias nutricionales" y sus reformas vigentes.

Los métodos de ensayo para determinar las sustancias de fortificación en la harina de trigo, utilizados con fines de control de calidad, se muestran en el apéndice Y.

5.6 Requisitos microbiológicos

La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para la harina de trigo

REQUISITO	UNIDAD	Caso	n	c	m	M	MÉTODO DE ENSAYO
Mohos y levaduras	UFC/g	5	5	2	1 X 10 ³	1 X 10 ⁴	NTE INEN 1529-10 AOAC 997.02*
<i>E. Coli</i>	UFC/g	5	5	2	< 10	-	NTE INEN 1529-8 AOAC 991.14*

* Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.

donde

- n Número de muestras del lote que deben analizarse,
- c Número de muestras defectuosas aceptables,
- m Límite de aceptación,
- M Límite de rechazo.

5.7 Contaminantes

La harina de trigo debe ser elaborada con granos de trigo que cumpla los niveles máximos de contaminantes establecidos en la Tabla 3 y Tabla 4, según la NTE INEN-CODEX 193.

TABLA 3. Metales pesados en granos de trigo

Metal	Nivel máximo mg/kg
Cadmio	0,2
Plomo	0,2

El análisis de contaminantes para fines de control de calidad puede realizarse de acuerdo a los métodos indicados en la NTE INEN-CODEX STAN 228.

TABLA 4. Micotoxinas en granos de trigo

Micotoxina	Nivel máximo µg/kg
Ocratoxina A	5

El análisis de ocratoxina A puede realizarse de acuerdo a las ISO 15141-1 o ISO 15141-2. El método AOAC 2000.03 puede ser utilizado para fines de control de calidad.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

Las muestras que se tomen para el ensayo pueden realizarse de acuerdo a la NTE INEN-ISO 24333 y para la determinación de la cantidad de muestras puede realizarse de acuerdo a la NTE INEN-ISO 2859-1.

7. ENVASADO Y ROTULADO

7.1 Envasado

La harina debe envasarse en recipientes de tal manera que no alteren las cualidades higiénicas, nutritivas y técnicas del producto. Como requisito metroológico debe utilizarse la Recomendación Técnica INEN-OIML R 87.

7.2 Rotulado

El rotulado del producto contemplado en esta norma debe cumplir con lo especificado en las NTE INEN 1334-1, NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3.

APÉNDICE Y

MÉTODOS DE ENSAYO PARA LAS SUSTANCIAS DE FORTIFICACIÓN

TABLA Y.1 Métodos de ensayo para la determinación de las sustancias de fortificación

Sustancia de fortificación	Método de ensayo
Hierro	AOAC 944.02, Hierro en harina. Método espectrofotométrico. AOAC 999.11, Plomo, cadmio, cobre, hierro y zinc en alimentos. Espectrofotometría de absorción atómica tras incineración en seco
Niacina	AOAC 975.41, Niacina y niacinamida en productos cereales. Método automatizado AOAC 961.14, Niacina y niacinamida en medicamentos, alimentos y plenos. Método colorimétrico
Tiamina	AOAC 953.17, Tiamina (vitamina B ₁) en productos de granos. Método fluorométrico (rápido) AOAC 957.17, Tiamina (vitamina B ₁). Método fluorométrico
Riboflavina	AOAC 970.65, Riboflavina (vitamina B ₂) en alimentos y preparaciones vitamínicas. Método fluorométrico AOAC 981.15, Riboflavina (vitamina B ₂) en alimentos y preparaciones vitamínicas. Método automatizado
Acido fólico ¹	AOAC 944.12, Acido fólico (ácido pteroilglutámico) en preparaciones vitamínicas

¹ Otro método de ensayo para determinar ácido fólico en cereales fortificados puede ser: Elio S Casey, Randy L. Wehling, Julie A. Abrecht. Liquid chromatographic method for determining added folic acid in fortified cereal products. Journal of Chromatography A, Volume 826, Issue 2, 27 November 1998, Pages 235-240.

APÉNDICE Z
BIBLIOGRAFÍA

CAC/GL 10-1979:2008 *Listas de referencia de compuestos de nutrientes para su utilización en alimentos para fines dietéticos especiales destinados a los lactantes y niños pequeños.*

CODEX STAN 152-1985:1995, *Norma del Codex para la harina de trigo.*

CODEX STAN 178-1991:1995, *Norma del Codex para la sémola y la harina de trigo duro.*

CAC/GL 09-1987:1991, *Principios generales para la adición de nutrientes esenciales a los alimentos.*

NTC 267:2007, *Harina de trigo.*

NB 680:2006, *Harina y derivados. Harina de trigo. Requisitos.*

COVENIN 217:2001 *Harina de trigo.*

NTP 205.027:1986, *Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial.*

NMX-F-007-1982, *Alimento para humanos. Harina de trigo.*

Code of Federal Regulations Title 21: Food and Drugs. Part 184 *Direct food substances affirmed as generally recognized as safe.* Food and Drug Administration.

Code of Federal Regulations Title 21: Food and Drugs. Part 137 *Cereal flours and related products.* Food and Drug Administration.

PRESIDENTIAL DECREE N° 187 *Regulation for the revision of laws concerning the production and sale of milling products and pasta, pursuant to Article 50 of Law N° 140, dated 22 February 1994.* Official Journal n. 117. Roma. 2001.

Seventy-first meeting of the Joint FAO/WHO and Expert Committee on Food Additives (JECFA) *WHO Food Additives series: 02 Safety evaluation of certain food additives.* World Health Organization. Ginebra. 2010.

United Nations Children's Fund, United Nations University and World Health Organization *Iron Deficiency Anaemia. Assessment, Prevention and Control.* World Health Organization. Ginebra. 2001.

Microorganisms in Foods 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and Specific applications. Second edition. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1986.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 616 Cuarta revisión	TÍTULO: HARINA DE TRIGO. REQUISITOS	Código ICs: 67.060
ORIGINAL: Fecha de Iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 2005-12-14 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 06-024 de 2006-01-12 publicado en el Registro Oficial No. 195 de 2006-01-25 Fecha de Iniciación del estudio: 2014-04-07	
Fechas de consulta pública: 2014-07-23 al 2014-08-07		
Comité Técnico de: Cereales y leguminosas		
Fecha de Iniciación: 2014-08-06	Fecha de aprobación: 2014-10-08	
Integrantes del Comité:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Erika Mosquera (Presidenta)	LA INDUSTRIA HARINERA S.A.	
Alejandro Jaramillo	MODERNA ALIMENTOS S.A.	
Alvaro Mayorga Chávez	MODERNA ALIMENTOS S.A.	
Andrés Guerrón	CORPORACIÓN SUPERIOR	
Angélica Murillo	MOLINOS POULTIER S.A.	
Carolina Zambrano	TIOGA	
Clara Benavides	GRANOTEC	
Emiliano Zapata	MODERNA ALIMENTOS S.A.	
Fanny Fernández Guamán	MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA	
Héctor Recalde	MOLINOS MIRAFLORES S.A.	
José Modesto Ponce	ASEORIA TÉCNICA	
Katherine Carrera	MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD	
Lucía Navas	AGENCIA NACIONAL DE REGULACIÓN Y VIGILANCIA SANITARIA	
Marcela Balseca	SUCESTORES DE JACOBO PAREDES S.A (TOSCANA)	
Medardo Garcés	INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	
Mireya Moya	MOLINOS ROYAL	
Paulina Arias Machado	MODERNA ALIMENTOS S.A.	
Victor Campos	3M ECUADOR	
Margoth Casco (Secretaría Técnica)	SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN	
Otros trámites: Esta norma NTE INEN 616:2015 (Cuarta revisión) reemplaza a la NTE INEN 616:2006 (Tercera revisión)		
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma		
Oficializada como: Voluntaria	Por Resolución No. 14497 de 2014-12-04	
Registro Oficial No. 417 de 2015-01-15		

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno ES-29 y Av. 8 de Diciembre
Cañilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891
Dirección Ejecutiva: E-Mail: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: E-Mail: consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Guayas: E-Mail: inenguayas@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Azuay: E-Mail: inencuenca@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Chimborazo: E-Mail: inencibamba@normalizacion.gob.ec
www.normalizacion.gob.ec

NORMAS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL PARA PANELISTAS.

El panelista que va a realizar alguna prueba sensorial, debe estar descansado dispuesto y con la mente despejada; los panelistas se eligen de un grupo grande, los cuales se van clasificando de acuerdo a las habilidades para diferenciar muestras, es importante que el panelista que ha sido seleccionado, tenga una sensibilidad al evaluar una muestra, los resultados obtenidos sean siempre los mismos.

Instrucciones.

Le pedimos para la calificación del producto, tomarse el tiempo prudencial necesario analizando detenidamente cada una de las características que se detallan en el siguiente instructivo.

Color: fenómeno que involucra componentes físicos y psicológicos. La técnica se entregará el producto elaborado para que sea observado de acuerdo al criterio panelista. El color deberá ser dorado, uniforme y agradable a la vista.

Olor: un producto detectado cuando sus componentes volátiles ingresan a la cavidad nasal y son percibidos por el sistema olfatorio. Aroma es el olor de un producto alimenticio. La técnica se entregará el producto elaborado para que sea percibido agradable o desagradable de acuerdo al criterio panelista, debe ser característico del producto sin olores desagradables o a rancio.

Sabor: es la sensación que causa un alimento en la boca el ser percibido por los sentidos químicos (olfato, gusto y sentido químico común). La técnica se entregará el producto elaborado para que sea degustado mediante la masticación del pan dirá si es agradable o desagradable de acuerdo al criterio panelista. Debe tener un sabor agradable, es decir debe ser característico del producto. Este producto no debe ser ácido ni presentar sabor rancio.

Textura: La textura es un criterio que se utiliza para caracterizar, aceptar y/o rechazar el alimento. Esta sensación se produce al masticar un alimento basándose en ella, como alimento crujiente que se fracturan frágilmente y con poco esfuerzo o una textura dura.

Aceptabilidad: es el proceso por el cual el hombre acepta o rechaza un alimento, se valora la aceptabilidad del producto en cuanto a las características organolépticas (sabor, color, textura, aroma y apariencia), a través de una escala hedónica de cinco puntos.

FICHA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Nombre:..... Fecha:.....

“Establecimiento de parámetros técnicos para el proceso de elaboración de pan bajo en gluten”

Instrucciones: Observe y luego pruebe cuidadosamente cada una de las muestras y marque una X en el casillero que considere adecuada la respuesta.

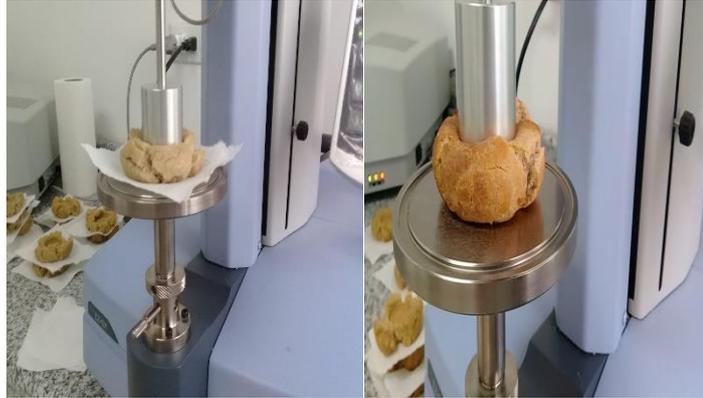
Características	Alternativas	Tratamientos						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0
COLOR	Excelente							
	Muy Bueno							
	Bueno							
	Regular							
	Malo							
OLOR	Muy Intenso							
	Poco Intenso							
	Característico							
	Poco Perceptible							
	Nada Perceptible							
SABOR	Gusta mucho							
	Gusta poco							
	Ni gusta ni disgusta							
	Disgusta poco							
	Disgusta mucho							
TEXTURA	Agrada mucho							
	Agrada poco							
	Ni agrada ni desagrada							
	Desagrada poco							
	Desagrada mucho							
ACEPTABILIDAD	Agrada mucho							
	Agrada poco							
	Ni agrada ni desagrada							
	Desagrada poco							
	Desagrada mucho							

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

Gracias

ANÁLISIS FÍSICO

Determinación del índice de Penetrabilidad para masa y pan



ANÁLISIS QUÍMICO

Color, Cenizas, Proteína, Almidón



ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

Evaluación de los Panelistas

