

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
E.P. INGENIERÍA DE ALIMENTOS



Una Institución Adventista

**“EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL DEL PAN TIPO HAMBURGUESA
ELABORADO CON FIBRAS ALIMENTARIAS”**

Tesis presentada para optar el Título de Ingeniero de Alimentos

Autor

Bach. Miriam Soledad Estofanero Machaca

Asesor

Ing. Cesar Augusto Condori Mamani.

Juliaca – Perú

2016

AUTOR: Miriam Soledad Estofanero Machaca

TÍTULO: “Evaluación de vida útil del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias”

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2016

DESCRIPCIÓN: 135h.: Figura, tablas

NOTA: Tesis (Ing.) – Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. EP. de Ingeniería de Alimentos, 2016

NOTA: Incluye Bibliografía

ASESOR: Ing. Cesar Augusto Condori Mamani

PALABRAS CLAVE: Evaluación sensorial, Fibras alimentarias, Evaluación fisicoquímica, Vida útil.

DEDICATORIA

Con cariño y gratitud a mis padres por su amor, apoyo incondicional y confianza puesta en mi persona, porque de lo contrario hubiese sido mucho más difícil alcanzar mis metas y objetivos y la realización de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

El más grato de los agradecimientos a Dios por iluminarme en todo momento y por rodearme de todas aquellas personas que me ayudaron e hicieron posible culminar mi proyecto de tesis.

En especial a mis maravillosos padres, también agradecer al Ing. Cesar Augusto Condori Mamani por ser mi asesor y brindarme sus conocimientos.

A mis distinguidos docentes: al Ing. Enrique Mamani Cuela; a la Ing. Ana Mónica Torres; al Ing. Nancy Curasi Rafael, Ing. Lidelza Rebeca Azaña Vilca, Ing. Carmen Apaza Humerez; por el valioso apoyo, paciencia y orientación durante las horas de investigación desarrolladas en el laboratorio y búsqueda de información científica.

Al Centro de Aplicación Productos Unión por permitirme el uso de sus instalaciones y de sus equipos para realizar las pruebas de la tesis.

A la Ing. Verónica Choquehuanca Quispe.

Al Ing. Eduardo Alberto Meza Mantari por el valioso apoyo.

A la E.P. de Ingeniería de Industrias Alimentarias y la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por el permiso del uso de los laboratorios.

A mis queridos compañeros y amigos por los gratos momentos compartidos y por su valioso apoyo moral durante el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN **¡Error! Marcador no definido.**

1.1 Objetivo..... 4

1.1.1 Objetivo general 4

1.1.2 Objetivos Específicos 4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.1 Pan **¡Error! Marcador no definido.**

2.2 Generalidades 7

2.3 Consumo 7

2.4 Valor nutritivo del pan 8

2.5 Elaboración de pan 8

2.6 Materias primas para la elaboración de pan..... 9

2.6.1 Harina de trigo 9

2.6.2 Agua17

2.6.3 Sal.....18

2.6.4 Levadura.....19

2.6.5 Azúcar20

2.6.6 Grasas (Manteca).....21

2.6.7 Deterioro del pan21

2.6.7.1	Deterioro químico.....	21
2.6.7.2	Deterioro microbiológico.....	22
2.6.7.3	Deterioro físico.....	23
2.7	Fibra Alimentaria.....	23
2.7.2	Características funcionales de la fibra.....	25
2.7.3	El uso de la fibra en los alimentos.....	27
2.7.4	Propiedades funcionales de la fibra en el organismo.....	28
2.7.5	Clasificación de la fibra Alimentaria.....	28
2.8	Fibra de trigo Vitacel WF-101 (J.R.S. – Alemania).....	30
2.8.1	Definición.....	30
2.8.2	Propiedades y usos.....	30
2.8.3	Dosificación.....	31
2.9	Fibra de trigo Vitacel WF-200 (JRS. Alemania).....	31
2.9.2	En panificación y galletería.....	32
2.9.3	Dosificación.....	32
2.10	Vida en anaquel.....	33
2.10.1	Factores que afectan la vida útil de un producto.....	34
2.10.2	Determinación del tiempo de vida útil.....	36
2.10.3	Determinación del tiempo máximo de almacenamiento para el estudio de vida útil.....	38
2.10.4	Selección del diseño experimental.....	38
2.10.4.1	Diseño básico.....	38

2.10.4.2	Diseño escalonado	39
2.11	Diseño factorial.....	39
2.12	Análisis Sensorial	40
2.13	Pruebas Afectivas	41
2.14	Atributos sensoriales	42
2.15	Aplicación de la evaluación sensorial	43
2.16	Análisis fisicoquímicos	44
2.16.1	Actividad de agua (Aw)	44
2.16.2	Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en alimentos	45
2.16.3	Humedad	45
2.16.4	Determinación de pH	46
2.16.5	Análisis microbiológico	46
 CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		48
3.1	Lugar de ejecución	48
3.2	Materiales y equipos.....	48
3.2.1	Equipos.....	48
3.3	Materiales.....	49
3.4	Insumos e ingredientes	49
3.4.1	Descripción de la metodología	51
3.5	Evaluación sensorial.....	53

3.6	Determinación de vida útil por análisis fisicoquímicos	54
3.6.1	Determinación de propiedades fisicoquímicas	55
3.6.2	Evaluación microbiológica (AOAC 997.02)	58
3.7	Diseño estadístico	59

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	61	
4.1	Elaboración de pan tipo hamburguesa	61
4.2	Resultados del análisis sensorial	61
4.2.1	Análisis estadístico de la evaluación sensorial del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias	62
4.3	Resultados de los análisis fisicoquímicos	70
4.3.1	Actividad de agua (Aw)	70
4.3.2	Análisis estadístico de actividad de agua del pan tipo hamburguesa	74
4.3.3	Contenido de humedad.....	77
4.3.4	Análisis estadístico del % de humedad del pan tipo hamburguesa	80
4.3.5	pH del pan tipo hamburguesa	82
4.3.6	Análisis estadístico de pH del pan tipo hamburguesa	84
4.3.7	Peso promedio del pan tipo hamburguesa.	85
4.3.8	Análisis estadístico de peso (g) del pan tipo hamburguesa.....	89
4.4	Análisis Microbiológico.....	90
4.4.1	Análisis estadístico de Mohos y levaduras del pan tipo hamburguesa	91

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES92

5.1 Conclusiones92

5.2 Recomendaciones93

CAPÍTULO VI94

REFERENCIAS94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Harina de Trigo	9
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de pan	50
Figura 3. Actividad de agua en función del tiempo (día).....	73
Figura 4. Gráfico de Pareto de actividad de agua del pan tipo hamburguesa	75
Figura 5. Porcentaje de humedad en función del tiempo (día).....	79
Figura 6. Gráfico de Pareto del porcentaje de humedad durante el tiempo	81
Figura 7. pH del pan tipo hamburguesa en función del tiempo (día)	83
Figura 8. Gráfico de Pareto de pH durante el tiempo de almacenamiento.....	84
Figura 9. Peso promedio (g) de pan tipo hamburguesa en función del tiempo (día)	87
Figura 10. Gráfico de Pareto de peso (g) del pan tipo hamburguesa.....	89
Figura 11. Gráfico de Pareto del análisis microbiológico de pan tipo hamburguesa	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Valor nutritivo del pan (100 gramos)	8
Tabla 2.	Composición química de la harina de trigo	10
Tabla 3.	Composición nutricional de la harina de trigo (%)	12
Tabla 4.	Ingesta diaria de fibra según la edad	25
Tabla 5.	Contenido de fibra dietética en diferentes tipos de pan (%)	27
Tabla 6.	Requisitos microbiológicos (ufc/g) ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 7.	Variables independientes para la elaboración de pan.....	59
Tabla 8.	Variables y niveles del diseño factorial codificados	59
Tabla 9.	Ingredientes para la elaboración de pan tipo hamburguesa (g.).....	60
Tabla 10.	Resultado de las propiedades sensoriales del primer día de evaluación.....	62
Tabla 11.	Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo sensorial en el día 1.....	63
Tabla 12.	Resultado de las propiedades sensoriales del quinto día de evaluación	64
Tabla 13.	Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo sensorial en el día 5.....	65
Tabla 14.	Resultado de las propiedades sensoriales del octavo día de evaluación.....	66
Tabla 15.	Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo sensorial en el día 8.....	67
Tabla 16.	Resultado de las propiedades sensoriales del día 11 de evaluación	68
Tabla 17.	Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo sensorial en el día 11.....	69
Tabla 18.	Resultados de Actividad de agua durante el tiempo de almacenamiento	71

Tabla 19.	Análisis de ANOVA influencia de la fibra de trigo. En la actividad de agua durante el tiempo de almacenamiento	75
Tabla 20.	Resultados de porcentaje de humedad durante el tiempo almacenamiento.	77
Tabla 21.	Análisis de ANOVA de la influencia de la fibra de trigo en el porcentaje de humedad.....	80
Tabla 22.	Resultados de pH durante el tiempo de almacenamiento.	82
Tabla 23.	Análisis de ANOVA de la influencia de la fibra de trigo en el pH.....	84
Tabla 24.	Resultado de peso promedio durante el tiempo de almacenamiento.....	85
Tabla 25.	Análisis de ANOVA de la influencia de la fibra de trigo en el peso promedio (g).....	89
Tabla 26.	Resultados de Análisis microbiológico (Mohos y levaduras ufc/g).....	90
Tabla 27.	Análisis de ANOVA de la influencia de la fibra de trigo en el análisis microbiológico ufc/g.....	91

INDÍCE DE ANEXOS

Anexos 1. Ficha de evaluación sensorial	105
Anexos 2. Resultados de la evaluación sensorial día 1	106
Anexos 3. Análisis sensorial del pan tipo hamburguesa día 5.....	111
Anexos 4. Resultados de evaluación sensorial día 8.....	116
Anexos 5. Resultados de evaluación sensorial día 11.....	120
Anexos 6. Cartilla de analisis fisicoquimicos.....	126

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue elaborar y evaluar la vida útil del pan tipo hamburguesa con fibras alimentarias. Debido a que la fibra presenta características necesarias para considerarse un ingrediente importante en la formulación de alimentos por sus características de absorción y retención de agua. Para lo cual se aplicó un diseño factorial para la elaboración del pan siendo las variables independientes los porcentajes (%) de fibras; fibra de trigo WF 101 (3 % y 6 %) y fibra de trigo WF 200 (3 % y 6 %). Los panes fueron envasados en bolsas de polipropileno, siendo almacenados a temperatura ambiente (alrededor de 25°C) para ser evaluados sensorialmente según los días programados (1, 5, 8, y 11), considerando los atributos de (apariencia general, color, olor, sabor y textura) que se realizó mediante una prueba afectiva de aceptación bajo escala hedónica, los encargados de la evaluación fueron un grupo de 8 jueces semi-entrenados, se determinó las características físico-químicas (A_w , %H, pH y peso); a su vez se realizó los análisis microbiológicos (mohos y levaduras). La vida útil del pan tipo hamburguesa almacenada a temperatura ambiente fue de 9 días tiempo considerado estable, donde conserva sus características fisicoquímicas y microbiológicas. Se concluyó que el tratamiento 1 elaborado con 3 % de fibra de trigo WF 101 Y 3 % de fibra de trigo WF 200 obtuvo mayor aceptación frente al panel sensorial.

Palabras clave: Vida útil, pan, fibras alimentarias, evaluación sensorial, evaluación fisicoquímica.

ABSTRACT

The aim of this study was to produce and to evaluate the useful life of the hamburger kind bread with food fibers. Due to the fiber presents the necessary features to be considered an important ingredient in the food formulation because of its absorption and water retention characteristics. To which a factorial design was applied for the production of the bread being the independent variables the following percentages (%) of fibers; wheat fiber WF 101 (3 % and 6 %) and wheat fiber WF 200 (3 % and 6 %). The breads were packaged in bags of polypropylene, being stored to room temperature (about 25°C) to be sensory evaluated according to the scheduled days (1, 5, 8, and 11), considering the attributes of (general appearance, color, smell, flavor and texture) that was carried out with the acceptance affective test of a hedonic scale, under the evaluation of a group of 8 semi-trained judges, then it was determined the physico - chemical features (A_w , %H, pH and weight) finally, the microbiological analysis was carried out (mildew and yeast). It is concluded that the treatment 1 elaborated with 3 % of wheat fiber WF 101 and 3 % of wheat fiber WF 200 presented a better acceptance to the sensory panel. The useful life of the hamburger kind bread stored to room temperature was 9 days which is considered stable time, where it preserves his physicochemical and microbiological characteristics.

Keywords: food Fibers, bread, sensory evaluation, physicochemical evaluation, microbiological evaluation, useful Life.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos más antiguos y básicos de la humanidad, forma parte importante de la alimentación de las poblaciones a nivel mundial. Sin embargo, durante el almacenamiento del pan se producen cambios moleculares en su estructura, ocasionados por la migración del agua desde la miga hacia la corteza del pan. Estos cambios originan un aumento de la firmeza de la miga, teniendo como consecuencia la pérdida de la aceptación del producto ante el consumidor. Por otro parte el pan es un alimento consumido por aproximadamente el 95 % de los adultos en los países occidentales (Appleton & Best, 2013). El consumo per cápita de pan en el Perú oscila entre 31 a 33 kg (Peruano, 2012, Schroth, 2015). Así mismo, el pan proporciona una matriz ideal en la dieta del ser humano, por lo tanto, enriquecer el pan con fibra puede ser una estrategia eficaz (Ashouri, George, Hobbs, Lovegrove, & Methven, 2014). El pan es elaborado con ingredientes simples, tales como harina de trigo, sal, levadura y agua, pero a pesar de esto, es uno de los productos más consumidos en muchos países y una comida de muchas personas en todo el mundo (Cozzolino, Danza, Del Nobile, Lampignano, Laverse, Lecce & Mastromatteo, 2014).

Precisamente, por su sencillez y su amplio consumo. El pan es adecuado para ser enriquecido y fortificado con ingredientes que puedan traer beneficios para el consumidor en términos de salud (Biswas, Bovell, Gichuhi & Hathrn, 2008; Cozzolino et al., 2014).

El deterioro de los productos de panadería incluye los cambios de distinta índole que conducen a una menor aceptabilidad en el momento de su consumo, y cuya naturaleza es física (pérdida de humedad, envejecimiento), química (rancidez) y/o microbiológica (crecimiento de levaduras, mohos, bacterias). El deterioro físico-químico, microbiológico y

sensorial depende de múltiples factores interrelacionados (pH, actividad de agua (Aw). Tipo de producto, formulación, proceso, condiciones de almacenamiento) que inciden de forma variable en la conservación del producto (Besada, 2009).

La vida en anaquel es determinada para cada alimento en particular (Kennt et al., 1997) y el hecho de incorporar nuevos ingredientes en el diseño de nuevos productos, puede traer consigo variación de la vida útil del alimento. El alimento es intrínsecamente perecedero y en función de sus características físicas y químicas, de sus propiedades y las condiciones de almacenamiento, llegará un momento en que cualquiera de sus cualidades de calidad no serán aceptables o se convertirá en perjudicial para el consumidor (Kiilcast & Subramaniam, 2001).

Los productos de panadería, en particular el pan, son importantes en una dieta equilibrada y saludable, puesto que está considerado en la base piramidal de nutrición. Sin embargo, la innovación en estos presenta cambios en cuanto a su diseño, puesto que por exigencia de los consumidores los estándares de calidad cada vez son superiores; por lo que la utilización de diseños estadísticos hace posible la satisfacción de las variables presentadas por el consumidor.

En el año (2003), especialistas de la Organización Mundial de la Salud y de la Organización de Alimentos y Agricultura, afirmaron que la dieta rica en polisacáridos no almidonosos, como la fibra alimentaria, promueve la pérdida de peso. Vale destacar que la distinción entre azúcares, almidón y fibra alimentaria es principalmente una distinción calórica: el valor energético de azúcares y almidón es de 4 kcal, en tanto que el de la fibra alimentaria es mucho menor (inferior a 0,2 kcal). La absorción más lenta de la fibra alimentaria y de otros alimentos con bajo índice glicémico, está asociada con la reducción del aporte calórico total en la dieta y con otros beneficios para la salud.

Los alimentos que contienen fibras traen beneficios a la salud; la reducción del tiempo de retención del bolo fecal en el intestino grueso disminuye el tiempo de contacto del órgano con sustancias cancerígenas y consecuentemente reduce el índice de cáncer colonrectal (Nutrinews 2001; Waszczynskyj et al., 2001).

La American Dietetic Association (ADA) recomienda la ingesta mínima de 20 a 35 g por día de fibras para un individuo saludable, de acuerdo con su dieta, mientras que la United States National Academy of Sciences, Institute of Medicine, sugiere una ingesta diaria de 25 a 35 g de fibra alimentaria (FDA, 2008).

La prolongación en el tiempo de la frescura de los productos de panadería sigue constituyendo un tema de investigación, de interés principal para el consumidor que pide calidad, conveniencia y frescura prolongada. Los mecanismos responsables del envejecimiento del pan y las tecnologías para mantener la frescura han sido objeto de revisiones periódicas en la literatura (Armero & Collar, 1996; Kulp & Zobel 1996; Bemiller & Gray, 2003). En la producción comercial de pan, las estrategias prácticas empleadas para prolongar la vida de conservación del pan han incidido principalmente en la formulación de la masa, en la variación de los parámetros de proceso y en los métodos de producción. El envejecimiento del pan tiene lugar en un sistema complejo, en el cual los constituyentes endógenos de la harina se mezclan en presencia de ingredientes exógenos (ingredientes funcionales: fibras naturales, cereales distintos del trigo, concentrados proteicos) que se someten a diferentes procesos para obtener una gama amplia de productos tradicionales o innovadores (Collar 2008; Collar et al., 2009). Por ello el presente trabajo tuvo los siguientes objetivos.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo general

Evaluar la vida útil del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el pan tipo hamburguesa con fibras alimentarias.
- Evaluar sensorialmente en el producto los atributos de apariencia general, color, olor, sabor y textura, mediante una prueba afectiva.
- Determinar como indicador de deterioro los parámetros fisicoquímicos (A_w , % de humedad y pH).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Pan

El pan es un alimento que se consume desde tiempos muy remotos, actualmente, forma parte de la dieta tradicional de muchos hogares en casi todo el mundo, cada región le ha conferido características muy particulares. (Jiménez & Salgado, 2012).

El pan es sin duda un alimento que forma parte de la dieta de las personas alrededor del mundo sin importar su condición social; ya que en su forma más básica se elabora con harina, agua, sal y levadura. Desde el punto de vista tecnológico, es un alimento muy complejo, ya que la velocidad con la que se presentan cambios físico-químicos en su estructura es muy rápida. El principal problema del pan es la pérdida de humedad de la miga (endurecimiento), ablandamiento de la corteza y cambio en su sabor, dichos fenómenos son conocidos como “envejecimiento”, causado fundamentalmente por la retrogradación del almidón (Badui, 2006). Además debido a sus características físico-químicas el pan es susceptible de ser deteriorado por hongos, levaduras y bacterias. Si bien, el horneado es una etapa en donde se eliminan tanto mohos como levaduras, una vez que el producto ha salido del horno, su manipulación debe de ser bajo condiciones estériles, ya que la contaminación por mohos se produce a través del aire. (Cauvain, Stanley & Young, 2007).

Los cambios registrados en los últimos años en el perfil de los consumidores y en sus hábitos alimenticios brindan importantes oportunidades de negocios a la industria alimenticia, además impulsa a la elaboración de productos fortificados y enriquecidos, destinados a satisfacer necesidades específicas de personas sanas, que tienen efectos benéficos sobre el organismo y evitan posibles enfermedades.

Una necesidad fuerte para poder comercializar los productos de panadería en los mercados más retirados de las áreas de producción y mantener su presencia en exhibiciones especiales durante mayor tiempo; es precisamente contar con una extensa vida útil para estos.

El envejecimiento del producto se suele manifestar por una serie de modificaciones fisicoquímicas (A_w , % HR, pH, acidez, etc.), que pueden ser debidas a reacciones entre algunos componentes químicos ocasionados por agentes de diversa naturaleza: la luz, enzimas, materiales de contacto, temperatura, etc. También puede ocurrir por algunas transformaciones debidas a la actividad metabólica de reacción que conlleva a la degradación de los alimentos.

En general, el pan es un producto que se deteriora rápidamente ya que presenta cambios organolépticos, pérdida de humedad de la miga y endurecimiento. Adicionalmente, los microorganismos pueden crecer en el pan, presentando otro factor de deterioro decisivo en la vida útil de este alimento.

El término fibra dietética apareció por primera vez en 1953 y se refirió a la hemicelulosa, celulosa y lignina (Hispley, 1953). Más tarde (Burkitt, Painter & Walker, 1972) definió a la fibra dietética como el remanente de las paredes celulares de las plantas que no son hidrolizados por las enzimas digestivas del ser humano, no obstante recientemente la (AACC, 2001), define a la fibra dietética como “la parte comestible de las plantas celulares o carbohidratos análogos, son macromoléculas resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado del humano con una fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye, polisacáridos, oligosacáridos, compuestos celulósicos y sustancias asociadas a la pared celular de la planta; promueve efectos fisiológicos benéficos incluyendo laxación, atenuación del colesterol y de la glucosa en sangre”.

2.2 Generalidades

Según Geovanny, Padilla, Priscilam & Vera (2010), mencionan que el pan, es el producto más importante consumido en todos los hogares, siendo en los estratos más bajos su única fuente nutritiva, ya que además es de bajo costo, lo que hace estar al alcance de cualquier persona. Por esto la industria de los alimentos se ha preocupado de la tecnología empleada en él y de aumentar su valor nutricional. Los ingredientes básicos del pan son: harina, agua, sal y levadura, los cuales son llevados a un proceso de fermentación y de cocción a altas temperaturas (mayores a 200 °C), que inactivan a hongos y levaduras.

Hernández (2012), admite que el pan es considerado como el más universal de todos los productos horneados y ha sido tan importante en la alimentación humana que se considera como sinónimo de alimento básico en muchas culturas, entre ellas Europa, India y América. Lucas (2008). Este es un producto de gran técnica en su elaboración y puede incorporar una amplia variedad de componentes e hidocoloides, entre otros. Un buen pan debe tener una corteza crujiente, de miga color blanco, de olor apetitoso y con buena conservación; las materias primas que se utilizan tienen una gran influencia en las variaciones de estas características. (Clavel, 2001).

2.3 Consumo

El pan ha estado unido a la evolución del hombre, siendo el punto de apoyo de su dieta, debido a su riqueza en principios nutritivos. Desde sus orígenes, que datan de hace miles de años, hasta nuestros días, el consumo de este alimento ha pasado por distintas etapas. Las primeras noticias que tenemos de este alimento tenían las siguientes características con forma redonda, como una torta granulada, seca y aplastada.

2.4 Valor nutritivo del pan

Las tendencias del consumo de pan se encaminan en dos sentidos que en apariencia son contradictorios: por un lado aparecen alimentos muy sofisticados y de compleja elaboración, y a su vez el consumidor está exigiendo cada vez más productos naturales. La importancia de una alimentación rica en fibra se ha acentuado y esta tendencia ha ampliado el consumo de panes integrales. Al respecto un estudio realizado por (Piscoya, 2002), indica el valor nutritivo de los panes integrales y del pan blanco, pan francés fortificado con calcio. Tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1
Valor nutritivo del pan (cada 100 gramos)

Contenidos	Pan integral (*)	Pan semi integral (*)	Pan blanco (*)	Pan francés (**)
Agua	37.1	35	33	23.2
Hidratos de carbono (g)	44	51	54.5	61
Proteínas (g)	12.5	12	8.7	10.7
Grasas (g)	1.5	1.2	1	2
Fibras alimentarias (g)	6.2	2.7	1.3	0.2
Calorías (Cal)	225	260	323	304
Sodio (mg)	625	710	125	
Potasio (mg)	240	175	125	
Fósforo (mg)	196	151	108	
Vitamina B1 (mg)	0.23	0.21	0.23	
Niacina (mg)	1.97	1.35	1.97	

Fuente: (* Chapelle 2007 & ** Piscoya 2011).

2.5 Elaboración de pan

En la elaboración del pan los ingredientes básicos para la manufactura de pan fermentado son: harina, agua, sal y fermento o levadura, actualmente casi todas las formulaciones contienen los ingredientes enriquecedores tales como: azúcares y materias grasas. Existe un sin número de ingredientes para mejorar las propiedades texturales de sabor

y vida de anaquel entre las más importantes se encuentra la malta diastática, conservadores (propionato de calcio), agentes oxidantes, (ascorbatos), aditivos para mejorar la actividad de la levadura, emulsificantes, leche en polvo descremada, etc. generalmente el pan de forma o de masa contiene la mayoría de estos ingredientes. (Serna ,2007).

2.6 Materias primas para la elaboración de pan

2.6.1 Harina de trigo



Figura 1. Harina de Trigo

Fuente: Tejeros (2008).

La harina de trigo es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano del trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) hasta un grado de extracción determinado, considerando al restante como subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado) (NORMA TÉCNICA PERUANA 206.004.1988).

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteínas hidrosolubles; gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente, tenaz, con ligazón entre sí, que al ser extendida ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (leudado biológico con levadura) para obtener el

levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen. (Barrionuevo 2011 & Cabezas, 2010).

a. **Composición química**

La harina de trigo es la única que tiene la habilidad de formar una masa cohesiva y tenaz, capaz de retener gases y dar productos aireados y livianos después de su cocción. Esta propiedad se debe a su composición química, y en especial a las proteínas y su capacidad para formar gluten.

La composición del trigo puede variar según la región, las condiciones de cultivo y el año de cosecha. La Tabla 2 muestra los intervalos típicos de la composición química de granos de trigo (Brites, Collar, Gómez, Haros, León, Rosell & Trigo, 2007).

Tabla 2
Composición química de la harina de trigo

Composición	Harina 100 % extracción	Harina 75 % extracción
Proteínas %	12 - 13.5	11- 8
Grasas %	2.2	1 – 2
Almidón %	67	71
Cenizas %	1.5	0.55 - 0.65
Vitaminas %	0.12	0.03
Humedad %	9 – 15	13 - 15
Fibra %	3	3
Azúcares %	2 – 3	1.5 - 2.5

Fuente: Calaveras (1996)

Carbohidratos: almidón

Según De La Cruz (2009), menciona que es el componente principal de la harina. Es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura experimenta un ligero hinchamiento de sus granos. El almidón está constituido por dos tipos de cadena:

- Amilosa: polímero de cadena lineal.
- Amilopectina: polímero de cadena ramificada.
- Junto con el almidón, vamos a encontrar unas enzimas que van a degradar un 10 % del almidón hasta azúcares simples, son la alfa y la beta amilasa. Estas enzimas van a degradar el almidón hasta dextrina, maltosa y glucosa que servirá de alimento a las levaduras durante la fermentación.

Proteínas: gluten

De La Cruz (2009), menciona que la cantidad de proteínas varía mucho según el tipo de trigo, la época de recolección y la taza de extracción. El gluten es un complejo de proteínas insolubles en agua, que le confiere a la harina de trigo la cualidad de ser panificable. Está formado por:

- Glutenina, proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa.
- Gliadina, proteína responsable de la elasticidad de la masa.

La cantidad de gluten presente en una harina es lo que determina que la harina sea “fuerte” o “floja”.

Grasas

Según De La Cruz (2009), explica que las grasas de la harina proceden de los residuos de las envolturas y de partículas del germen. El contenido de grasas depende por tanto del grado de extracción de la harina. Mientras mayor sea su contenido en grasa más fácilmente se enranciará.

Humedad

La humedad de una harina, según la norma peruana (De la Cruz, 2009). Nos señala que no puede sobrepasar el 15 %, es decir que 100 kilos de harina puede contener, como máximo, 15 litros de agua. Naturalmente la harina puede estar más seca.

Minerales: Cenizas

Casi todos los países han clasificado sus harinas según la materia mineral que contienen, determinando el contenido máximo de cenizas para cada tipo. Las cenizas están formadas principalmente por calcio, magnesio, sodio, potasio, etc., procedentes de la parte externa del grano, que se incorpora a la harina según su tasa de extracción. (De la Cruz, 2009).

b. Composición nutricional de la harina de trigo (por 100 g de producto)

Tabla 3
Composición nutricional de la harina de trigo (%)

	Harina Blanca	Salvado	germen	Harina Integral
Calorías (kcal)	361	216	360	339
Proteína (g)	11,98	15,55	23,15	13,7
Grasa (g)	1,66	4,25	9,72	1,87
Hidratos de Carbono (g)	72,53	64,51	51,80	72,57
Cenizas (g)	0,47	5,79	4,21	1,6
Fibra (g)	2,4	42,8	13,2	12,2
Humedad (g)	13,36	9,9	11,12	10,26
Minerales				
Calcio (mg)	15	73	39	34
Hierro (mg)	0,9	10,57	6,26	3,88
Magnesio (mg)	25	611	239	138
Fósforo (mg)	97	1013	842	346
Potasio (mg)	100	1182	892	405
Sodio (mg)	2	2	12	5
Zing (mg)	0,85	7,27	12,29	2,93

Cobre (mg)	0,18	1	0,8	0,38
Manganeso (mg)	0,79	11,,5	13,3	3,8
Selenio (mcg)	39,7	77,6	79,2	70,7
Vitaminas				
Tiamina (mg)	0,08	0,52	1,88	0,45
Riboflavina (mg)	0,06	0,58	0,37	

Fuente: Brites, et al; (2007)

c. **Clasificación de la harina de trigo**

Del mismo modo (De la Cruz, 2009) clasifica comercialmente las harinas en varios grupos, los más importantes son:

Estas harinas se clasifican en fuertes, medias y débiles, dependiendo del contenido de proteínas. El concepto de fuerza de la harina se aplica exclusivamente al trigo. Una harina fuerte es la que posee un alto contenido de proteínas, de 10 a 12 %, y un gluten muy resistente a la extensión. Este gluten supone un buen soporte para la expansión de la masa durante el horneado. La harina de fuerza media posee un 9 a 11 % de proteína y un gluten más blando, debido al tipo de trigo del que se extrae. La harina casera universal se fabrica con una harina de fuerza media, así como casi la mitad de los panes del mundo. La harina débil posee solo 7 a 9 % de proteína, y es ideal para la fabricación de tortas y galletas, pero inadecuada para la elaboración de pan. Su gluten es muy blando y extensible, y se encuentra en menor cantidad. La harina integral de trigo se elabora incorporando el germen de trigo, el cual es rico en lípidos y enzimas. Por lo que esta es más susceptible a enranciarse (Calderón, 2005).

Harina fuerza

Según De La Cruz (2009), menciona que es la harina que contiene un elevado contenido de gluten, hecho que facilita que la masa pueda fermentar y retener el gas generado es una especie de burbujas. Debe proceder e trigos especiales o duros.

Debido a que la harina puede absorber más cantidad de agua, da como resultado un pan más tierno y que aguanta más tiempo sin secarse.

Harina floja

Se utiliza para preparar aquellas elaboraciones de pastelería y repostería que no se deben trabajarse excesivamente para evitar que tomen correa. Si se elabora un pan con esta harina presenta problemas en la fermentación, la masa no esponja tanto, hace que quede más apelmazado, y tiende a secarse rápidamente. (De La Cruz, 2009).

Harinas acondicionadas y enriquecidas

Las harinas no siempre reúnen las condiciones óptimas para poder proporcionar un buen resultado en las elaboraciones de pastelería que deban prepararse utilizando tecnología moderna.

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

d. Parámetros de calidad de harina de trigo

La calidad del trigo está definida por varios parámetros, incluyendo rendimiento de molienda, peso, proteína, humedad, gluten, actividad enzimática, propiedades reológicas y ensayos de horneado para la determinación de la fabricación del pan (Miralbes, 2006.) Los cereales desde su cosecha hasta llegar a la boca del consumidor son sujetos a medidas de calidad. El control de calidad en las industrias molineras y procesadoras de harina es importante porque están vinculados con las características y

rendimiento de productos intermedios y terminados (Serna 1996). Los principales minerales que forman las sales minerales son el calcio, magnesio y potasio (Andrade, 2006).

A fin de obtener productos de calidad es necesario utilizar una harina con propiedades de panadería óptimas. El éxito en la elaboración de productos de panificación es la harina y sus características, determinadas por la calidad del trigo, variedad, condiciones de cultivo (clima, localización), y posteriormente por las condiciones de almacenamiento. La calidad de harina puede ser afectada por el procesamiento del grano, resultando con una pobre calidad nutritiva y de horneado (Andrade, 2006.).

e. Análisis proximal

La eficiencia de los procesos de molienda generalmente se evalúa mediante la determinación de humedad, cenizas, grasa y color de los productos refinados (Serna, 1996).

Humedad

El porcentaje de humedad de los productos de molienda es importante desde el punto de vista de comercialización y vida útil (Serna, 1996). La humedad influye en la producción y calidad del producto final del trigo (Andrade, 2006.). Del agua contenida en un alimento dependen las propiedades reológicas y textura. También es responsable de las reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, que son las tres principales causas de deterioro de un producto (Andrade, 2006.). El límite máximo de humedad sugerido en la harina es de 15 % (NORMA TÉCNICA PERUANA 205.037.1975).

Cenizas

Es el ensayo más practicado para ver la eficiencia y calidad del proceso de molienda es la determinación de cenizas. El grado de refinación esta inversamente relacionado con su contenido. Esto es debido a que el salvado tiene aproximadamente 20 veces más cantidad de cenizas (Andrade, 2006). Cuanto más bajo sea el contenido de cenizas, más alta será la calidad de la harina.

Contenido de gluten

El gluten es la proteína natural del endospermo de trigo, proporciona estructura, elasticidad y esponjamiento a la masa, retiene gas y vapor en el horneado y es crítico para la calidad tecnológica de la harina de trigo (Andrade, 2006).

La funcionalidad del trigo es impartida principalmente por el gluten (Serna 1996), la fracción de proteína del gluten forma una red continua en el desarrollo de la masa y es responsable de las propiedades viscoelásticas y calidad en la elaboración de pan, tanto el contenido y calidad de la proteína son importantes. El contenido de la proteína es fuertemente influenciado por el medio ambiente, aplicación de fertilizantes, donde la composición del gluten es determinada principalmente por el genotipo (Andrade, 2006).

Existen varias técnicas para extraer y cuantificar al gluten. Cuando una harina de trigo forma una masa y es lavada en agua o agua salina se pierde el almidón y proteínas solubles (albumina y globulinas), quedando un residuo húmedo con propiedades elásticas y cohesivas llamado gluten vital (principalmente, glutelinas y prolaminas) que es secado en un horno para determinar la cantidad de gluten seco. El rendimiento

está relacionado con el contenido de proteínas dado que aproximadamente el 80 % de gluten deshidratado es proteína (Serna, 1996).

El gluten húmedo se obtiene después de procedimiento de lavado y la cantidad de este es un indicador de su cantidad y calidad. El gluten de buena calidad liga más agua que el gluten de mala calidad, cuanto mayor sea el gluten más agua podrá absorber y así, más grande será la diferencia entre los pesos del gluten húmedo y gluten seco (Andrade 2006).

2.6.2 Agua

El agua permite la hidratación de los ingredientes secos, siendo esta la principal función en la panificación. Se combina con las proteínas del trigo, gliadina, y glutenina para formar el gluten. También actúa como solvente de los otros ingredientes como el azúcar, sal, etc. El agua también es necesaria para el proceso de gelatinización del almidón durante el proceso de horneado. (Quintong & Tenesaca, 2013). La proporción de agua que se usa con relación a la harina, denominada absorción, gobierna las propiedades reológicas de la masa (movilidad, plasticidad, extensibilidad y pegajosidad) y determinan en gran parte la calidad del producto final.

La calidad y composición de las aguas en la formación de la masa, por ejemplo se sabe que las aguas con carácter ácido endurecen la red de gluten, mientras que las alcalinas suavizan la masa, esta es la razón por la que a veces se emplean aguas minerales o filtradas en la elaboración de la masa para evitar que estas variables afecten negativamente a la masa durante la fermentación, retrasando el tiempo de leudado. Las aguas fluoradas pueden llegar a detener la fermentación (Barrionuevo 2011 & Cabezas, 2010). Por lo que las aguas de los establecimientos donde se elaboran productos de panadería deben ser potabilizadas, incoloras, inodoras e insípidas. (Pérez & Pozuelo, 2006).

Función

Es un agente plastificante. La cantidad de agua en las masas está en relación a la capacidad de absorción y retención de las harinas:

- Disuelve todos los ingredientes, sólidos y facilita la incorporación.
- Posibilita el acondicionamiento y la formación del gluten.
- Regula y controla la temperatura de la masa y los tiempos de fermentación.
- Es la responsable de la humedad y del volumen del pan.
- Activa las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable (Lucero, 2011).

2.6.3 Sal

La sal influye en el fortalecimiento del gluten, disminuye la actividad de la levadura en la masa, por lo tanto retarda la producción de gas, y aumenta el sabor del pan. Al regular el tiempo de fermentación, permite obtener un producto de miga más blanco, de corteza más firme y de un sabor característico (Quezada, 2011).

Función

- Dar mejor sabor al pan y fortalece (endurece) el gluten aumentando su tenacidad y plasticidad.
- Mejora y resalta el sabor de la harina y de los otros ingredientes, como las masas dulces.
- Controla la fermentación
- Regula el consumo del azúcar en la masa y por ello se obtiene un mejor color en la corteza.
- Tiene acción bactericida impidiendo las fermentaciones inadecuadas. (Lucero, 2011).

2.6.4 Levadura

Se llama levadura al organismo vivo que produce enzimas, las cuales son los encargados de promover los diversos cambios bioquímicos, los mismos que son regulados por las condiciones extrínsecas (principalmente temperatura, nutrientes, pH, acidez).

Son vegetales microscópicos que pertenecen a la familia *Saccharomyces* siendo exclusivo para panificación *Saccharomyces cerevisiae*, haciendo posible la fermentación alcohólica cuando se le somete a ciertas condiciones especiales. La levadura para actuar necesita humedad, azúcares simples (levulosa y dextrosa), materiales nitrogenados que lo toman de la proteína de la harina, minerales y temperatura adecuada, pero su actividad depende de su contenido de enzimas, coenzimas y activadores (Bennion, 1970).

Según Lezcano (2011), Menciona que la levadura es un producto de la familia de los hongos, que representa un papel crucial en los procesos fermentativos, como el requerido en la panificación.

De la Cruz (2009), menciona que la levadura actúa sobre los azúcares fermentables (dextrosa y levulosa) que están presentes en la harina, como la maltosa formada en la hidrólisis del almidón, por eso su importancia en la disposición de azúcares para producir CO₂ que sirva para elevar la masa.

Según el contenido de humedad en la elaboración las levaduras se clasifican en:

Levadura fresca o prensada

Es la que contiene intermolecularmente un 70 % de humedad y un 30 % de sólidos.

Su vida útil es de 15 días y debe almacenarse refrigerada (Lezcano, 2011).

Levadura seca

Es la que contiene aproximadamente 10 % de humedad intramolecularmente y, en consecuencia, un 90 % de sólidos. Es la misma levadura fresca que se ha deshidratado. Su vida útil es de 6 meses y no es imprescindible su refrigeración (Lezcano, 2011).

Levadura instantánea

Es la que contiene un 5 % de humedad. Su vida útil, envasada al vacío, es de 2 años. No requiere refrigeración para su mantenimiento (Lezcano, 2011).

2.6.5 Azúcar

El azúcar es importante, ya que es el alimento de las levaduras, además tiene otras funciones como ayudar a la formación de la corteza, mejorar su conservación y dar mayor suavidad al pan, mejorar la textura y grano de miga y aumentar su valor nutritivo. El azúcar también posee la propiedad de retener humedad en los productos horneados. (Quezada, 2011).

Función

- Sirve para dar sabor, color, olor, sustrato para la levadura
- Ayudan a controlar la fermentación
- Dan el cuerpo y favorecen la textura, ya que absorben humedad y retienen el agua, dándole suavidad al producto.

2.6.6 Grasas (Manteca)

Sustancia de olor neutro de origen animal o vegetal menos densas que el agua e insoluble en ella. Como alimento, son las sustancias que proporcionan al organismo el mayor número de calorías (Cabezas, 2010 & Pozuelo, 2006)

La grasa actúa como lubricante para la expansión de las celdas en la masa y como resultado, contribuye a la formación de una estructura de miga más fina, textura más suave y un mayor volumen de producto terminado. (Quintong & Tenesaca, 2013).

Las grasas en panadería se utilizan en la masa, ya sea en forma directa o de rociado superficial en menor grado; también se utilizan como agentes antiadherentes en las bandejas en los hornos (Cabezas, 2010 & Pozuelo, 2006).

2.6.7 Deterioro del pan

2.6.7.1 Deterioro químico

Según Hernández (2012), menciona que los panes pueden verse afectados por el deterioro químico debido a que en su composición se encuentra algún tipo de grasa (aceites o margarinas) y estas grasas son susceptibles a enranciarse con mayor facilidad, lo cual se debe a la reacción del oxígeno atmosférico con determinados compuestos de los alimentos dando lugar a compuestos no deseados o incluso compuestos altamente tóxicos.

El pan, dado que tiene un mayor contenido en grasas, puede estar también sometido al deterioro químico o rancidez. La rancidez se caracteriza por la degradación lipídica lo que provoca mal olor y sabor, volviendo a los productos desagradables y disminuyendo así su vida útil. Sin embargo, no es un problema frecuente de deterioro del producto (Hernández, 2012).

2.6.7.2 Deterioro microbiológico

Karen, Morán & Navarrete (2015). Se refiere al daño de los alimentos causado por microorganismos (bacterias, hongos y levaduras). Los microorganismos pueden crecer en casi todo tipo de productos alimenticios. Como los microorganismos están presentes alrededor de nosotros, existe siempre un riesgo de deterioro microbiológico

Productos secos como el pan y las galletas no contienen suficiente humedad para permitir el crecimiento de las bacterias. El deterioro de estos productos es usualmente causado por mohos que son hongos que se encuentran tanto al aire libre como en lugares húmedos y de poca luminosidad. El moho es el principal factor limitante de la vida útil de aquellos productos que tienen una humedad alta o media y es, por tanto, la principal causa de pérdida económica en la industria productora de pan.

Debido a que en el proceso de horneado la masa panadera se somete a altas temperaturas (por encima de 180 °C), se provoca la destrucción de esporas y bacterias que pudiesen estar presentes, por lo que la presencia de microorganismos en el producto final se debe a la posterior manipulación, almacenamiento en una atmosfera húmeda, envoltura (sobre todo si el pan está caliente) y exposición del pan a aire cargado de esporas. Aunque pueden darse casos poco comunes de problemas por microorganismos que han sobrevivido al horneado, tal es el caso de la bacteria *Bacillus subtilis* causante del pan fibroso. El deterioro microbiológico se caracteriza por el crecimiento de mohos, ya que las bacterias no pueden desarrollarse en los niveles de humedad del pan horneado. Los microorganismos más importantes en el enmohecimiento son *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum* o *stoloniferum*, *Aspergillus niger* y *Monilia sitophila* (Karen, Morán & Navarrete, 2015).

2.6.7.3 Deterioro físico

Según Karen, Morán & Navarrete (2015), mencionan que el deterioro físico se produce inicialmente por pérdida de agua o por evaporación observándose arrugamiento o contracción del producto en su superficie; se presenta también pérdida de peso y de textura.

El deterioro físico puede aparecer en la manipulación de materias primas. El envejecimiento del pan se refiere a los cambios que ocurren después del horneado y que son causados por reacciones fisicoquímicas (no por la acción de microorganismos) que provocan alteraciones en las características organolépticas (sabor, aroma y textura), tales como el ablandamiento de la corteza y endurecimiento de la miga. El ablandamiento de la corteza es consecuencia de la difusión de agua de la miga hacia la corteza, propiciada por un gradiente de concentración (la miga posee más agua que la corteza) y por la absorción de humedad de la atmosfera. Por su parte, el endurecimiento de la miga se atribuye a la coexistencia de varios fenómenos como la retrogradación de la amilosa, la recristalización de la amilopectina, la formación de enlaces entre el gluten y almidón. (Karen, Moran & Navarrete, 2015).

2.7 Fibra Alimentaria

Según Córdoba (2005), admite que la fibra alimentaria es una compleja mezcla de polímeros de carbohidratos que están asociados a otros componentes no carbohidratos. Consiste en el residuo vegetal no digerible, que incluye los polisacáridos no almidón y la lignina. La fibra alimentaria presenta una serie de propiedades físico-químicas que explican los efectos fisiológicos que se le atribuyen. Pero es difícil encontrar los términos exactos para definir la fibra alimentaria, no solo por los componentes de esta, sino también porque debe responder a sus propiedades físico-químicas y sus beneficios fisiológicos.

2.7.1 Definición

El concepto de la fibra alimentaria ha cambiado considerablemente en pocos años. Ahora se admite que la fibra está compuesta por algunas sustancias que previamente no se consideraban y que presenta un papel significativo en la salud que es mayor del que se le atribuía. No existe una definición totalmente aceptada a nivel europeo, ni a nivel internacional, sin embargo existe un consenso acerca de que la definición debe incluir el papel fisiológico de la fibra alimentaria. Se cree que Hipsley, en 1953, fue el primer investigador que aplicó el término fibra alimentaria para describir los constituyentes no digeribles que forman la pared celular vegetal (Cediel & Mateos, 2008).

Entre 1972 y 1976, (Cediel & Mateos, 2008), adoptaron el término acuñado por Hipsley y fueron desarrollando una serie de hipótesis acerca de las propiedades saludables de la fibra alimentaria, a la que definieron como los restos de plantas comestibles resistentes a la digestión por enzimas humanas, en la cual incluirán como componentes a la celulosa, hemicelulosas, lignina y sustancias minoritarias asociadas, tales como las ceras, cutina y suberina. Las hipótesis de fibra alimentaria postulaban la relación inversa existente entre el consumo regular y la incidencia de cáncer de colon y enfermedad cardiovascular.

En 1976, la definición se revisó para incluir además de los componentes mencionados las gomas, celulosas modificadas, mucílagos, pectinas y oligosacáridos. (Cediel & Mateos, 2008).

Según Rodas (2013), afirma que el término fibra alimentaria comprende además un tipo de almidón conocido como almidón resistente (presente en legumbres, semillas y granos parcialmente molidos y algunos cereales de desayuno) porque resiste la digestión en el intestino delgado y llega intacto al intestino grueso. De acuerdo con el comité de la FAO/OMS, se estima que el consumo diario de fibra dietética en el mundo va desde una cifra que oscila entre 14 g/día hasta 29 g/día, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4
Ingesta diaria de fibra según la edad

grupo de edad	Hombres	Mujeres
Niños 2 a 4 años	14 g	14 g
Niños de 5 a 8 años	18 g	18 g
Niños de 9 a 13 años	22 g	22 g
Adolescentes 14 a 18 años	30 g	26 g
Adultos 19 a 50 años	35 g	30 g
Adultos mayores a 50 años	30 g	26 g

Fuente: Rodas (2013).

2.7.2 Características funcionales de la fibra

La fuente de fibra puede proveer muchas funciones cuando es adicionada a los alimentos. A continuación se describen las características de funcionalidad de las fibras (Meyer & Tunglad, 2000).

Beneficios de salud

La fibra tiene un efecto protector para ciertos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares, la fortificación de los alimentos tiene una apta aceptación por parte de los consumidores se enlistan las buenas propiedades nutricionales por lo que es altamente aceptada por las compañías (Baños, 2007).

Reducción de calorías

La fibra es considerada un producto no calórico esto se debe principalmente a que los carbohidratos contenidos en esta son rápidamente degradados por la microflora intestinal la cual tiene bajo poder calórico 4 kcal/g. la fibra puede ser usada como un agente que da volumen en combinación con edulcorantes de alta intensidad esta hace

que pueda reemplazar a edulcorantes con alto poder calórico como el azúcar (Meyer & Tunglad, 2000).

Capacidad de retención de agua

La fibra tiene una alta capacidad de retención de agua gracias a esto se retarda el envejecimiento de los productos, hay un control en la migración de humedad y la formación de cristales de estabilidad, y reduce a la sinéresis. La retención de agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento. Entre los factores que influyen en la capacidad de retención de agua en la fibra, se encuentra el tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica (Baquero y Bermúdez, 1998). Esta propiedad confiere un efecto de frescura y suavidad en productos horneados (Cruz, 2002).

Grasas sustituidas

La grasa contribuye a varias funciones de las propiedades de los alimentos como resultado de esto es difícil de encontrar un solo ingrediente que pueda sustituir exclusivamente a la grasa. Sin embargo la grasa al combinarse con la fibra y dos o más ingredientes reemplaza a la grasa, proporcionando al producto todas las propiedades de lubricación, emulsión, opacidad y textura (Baños, 2007).

Agente Texturizante

El origen de muchas fibras contribuye a mejorar la textura de los alimentos. (Serna, 1996).

2.7.3 El uso de la fibra en los alimentos

Según García & Pérez (2013), argumentan que en 1970 inicia la fortificación de alimentos con fibra como en los panes blancos, en un principio se hizo para beneficiar la salud de los consumidores como es la pérdida de peso, a través del tiempo se fueron descubriendo otros aspectos funcionales de las fibras, pero en la actualidad se utiliza en un amplio número de productos, como son:

Los productos horneados en los cuales, un gran número de factores deben ser considerados para adicionar fibras a estos alimentos, ya que los productos horneados para ser aceptados por el consumidor, deben considerarse las propiedades reológicas de las masas ya que al tener una alta capacidad de retención de agua la absorción de agua incrementa con los niveles de fibra lo que afectara la reducción del tiempo a la tolerancia al mezclado, reducirá la extensibilidad y dependiendo de la fibra usada disminuirá o aumentará la resistencia a la extensión y la viscosidad de las masas al estar afectados estos factores influirán en el volumen de la masa por lo que necesitara la adición de mejoradores de estas características (García & Pérez, 2013).

Tabla 5
Contenido de fibra dietética en diferentes tipos de pan (%)

Producto de panificación	Fibra Dietética (%)		
	Total	Soluble	Insoluble
Salvado	5.4	4.6	0.8
Trigo	5.3	4.5	0.8
Francés	2.7	1.9	0.8
Multigrano	5.6	4.6	1.0
Harina de avena	4.3	3.3	1.0
Fibra	13.6	12.7	0.9
Blanco alto en fibra	12.8	12.3	0.5
Centeno	8.3	6.8	1.5
Blanco	1.9	1.3	0.6
Trigo entero	8.1	7.0	1.1

Fuente: Cho, Prosky & Dreher (1999)

2.7.4 Propiedades funcionales de la fibra en el organismo

Las dietas con un contenido en fibra elevado requieren más tiempo de masticación por lo que enlentecen la velocidad de deglución y esto implica una mayor salivación que va a repercutir en la mejora de la higiene bucal. A nivel del estómago las fibras solubles, como consecuencia de su viscosidad, enlentecen el vaciamiento gástrico y aumentan su distensión prolongando la sensación de saciedad. En el intestino delgado la fibra soluble, nuevamente por la formación de soluciones viscosas, es lento el tiempo de tránsito. También aumenta el espesor de la capa de agua que han de traspasar los solutos para alcanzar la membrana del enterocito, lo que provoca una disminución en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos (Cools, 2006).

Así mismo, se producirá una disminución en la absorción de los ácidos biliares ya que estos se unen a los residuos fenólicos y urónicos en la matriz de los polisacáridos. Esto puede alterar la formación de micelas y la absorción de las grasas. Como consecuencia de la depleción de ácidos biliares pueden disminuir los niveles de colesterol, al utilizarse éste en la síntesis de nuevos ácidos biliares (Cools, 2006).

Actúa como material de arrastre de los elementos de desecho que el organismo debe evacuar, combatiendo de este modo los problemas de estreñimiento. Nutre la flora bacteriana intestinal, lo que contribuye a la correcta actividad del intestino y previene algunas reacciones de tipo degenerativo.

2.7.5 Clasificación de la fibra Alimentaria

Muchos estudios han divulgado que la fibra dietética ha sido clasificada en dos fracciones, es decir la fibra soluble-fermentable y la fibra insoluble menos fermentable. Con base en sus propiedades físicas, su efecto fisiológico en el organismo y a sus componentes, la fibra se agrupa en dos categorías, solubles e insolubles en agua (González, 2007).

a. Fibra soluble

Se refiere a la fibra que al contacto con el agua forma un retículo donde queda atrapada el agua, gelificándose la mezcla. La solubilidad en el agua es por los glicanos, debido a las funciones del grupo hidroxilo, capaz de interactuar a nivel intramolecular o con las moléculas de agua. Las cadenas lineales de estructura regular se ensamblan fácilmente mediante enlaces intermoleculares fuertes (González, 2007).

Uno de los efectos benéficos de la fibra soluble es que disminuye enfermedades cardiovasculares, esto podría explicar la relación estadística entre las dietas con alto contenido de fibra y una frecuencia más baja de la insuficiencia coronaria. La frecuencia del cáncer del intestino es aparentemente más baja entre aquellas personas cuya dieta es rica en fibra dietética. Se ha sugerido que esto podría estar relacionado con el más corto tiempo de tránsito alimentario de una dieta con alto contenido de fibra (González, 2007).

La fibra soluble contiene en su mayoría polisacáridos no-celulósicos tales como la pectina, gomas, algunas hemicelulosas (Arabinoxilanos y arabinogalactanos) y mucílagos (Córdoba, 2005). Esta fibra se encuentra en altas concentraciones en frutas y algas marinas (Lajolo, Saura, Witing & Wenzel, 2001).

b. Fibra insoluble

La fibra insoluble es el material vegetal que no es digerible por enzimas del sistema digestivo humano y que no son solubles en agua caliente. Alimentos con alto contenido de fibra insoluble se encuentran el salvado de trigo, palomitas de maíz, arroz integral, cereales, pastas y productos de granos integrales, las leguminosas, frutas y vegetales contienen también alto contenido de fibra insoluble (Baranzini & Duarte, 2008).

Esta fibra no se dispersa en agua, está compuesto de celulosa, hemicelulosas (Arabinosilanos y arabinogalactanos) y ligninas (Priego, 2007). Las fuentes de este tipo de fibra se puede encontrar mayoritariamente en verduras, cereales, leguminosas y en frutas.

Es la fibra que presenta resistencia a la fermentación por las bacterias del colon incrementando el volumen fecal mediante la retención de agua, aunque son conocidos los efectos benéficos de la fibra soluble sobre el metabolismo de los lípidos e hidratos de carbono, hasta hace poco no se había prestado atención al papel de la fibra insoluble. Estudios sugieren que el consumo habitual de fibra insoluble (fibra de cereales) está asociado con una reducción del riesgo a desarrollar diabetes tipo II y enfermedades cardiovasculares (González, 2007).

2.8 Fibra de trigo Vitacel WF-101 (J.R.S. – Alemania)

2.8.1 Definición

Son fibras blancas con un sabor absolutamente neutro, con un alto contenido de materia fibrosa y están libres de gluten y ácido fítico. Se obtienen termomecánicamente de las plantas de trigo las cuales son desintegradas, lavadas y tratadas para luego ser secadas mediante procesos de pulverización o dispersión (Rettenmaier & Söhne, 2015).

2.8.2 Propiedades y usos

Tienen buena capacidad de retención de agua (440 %) y buena capacidad de absorción de aceite (290 %), mejorando el rendimiento y además proporcionando mayor frescura en productos almacenados por tiempos prolongados. Forma un sistema fibroso, con efectos

espesante. Facilita el homogenizado en productos grasos e higroscópicos (Rettenmaier & Söhne, 2015).

En panificación se utiliza en panes dietéticos sustituyendo parte de la harina, obteniéndose un producto con reducción energética considerable.

Se utiliza como relleno en productos en polvo (sopas, salsas, guisados, puré, etc.) funciona como agente antiapelmazante y fluidizante mientras está en el empaque sin ocasionar modificación en el sabor y olor original del producto. Cuando estos productos en polvo se mezclan con agua otorga espesor y rendimiento por su buena capacidad de retención de agua. (Rettenmaier & Söhne, 2015).

Se utiliza en queso rallado, parmesano, mozzarella, etc. Como antiapelmazante, fluidizante y de relleno, mejorando el rendimiento. Evita la sinéresis.

2.8.3 Dosificación.

- En panes light la dosis es de 7 a 12 %
- En productos en polvo la dosis es de 1 a 2 % del producto final.
- En productos lácteos: 2 % (Rettenmaier & Söhne, 2015).

2.9 Fibra de trigo Vitacel WF-200 (JRS. Alemania)

Son fibras finas blancas con un sabor absolutamente neutro, con un alto contenido de materia fibrosa y están libres de gluten y ácido fítico. Se obtienen termomecánicamente de las plantas de trigo las cuales son desintegradas, lavadas y tratadas para luego ser secadas mediante procesos de pulverización o dispersión (Rettenmaier & Söhne, 2015).

2.9.1 Propiedades y usos

Tienen gran capacidad de retención de agua (860 %) y buena capacidad de absorción de aceite (690 %), mejorando el rendimiento y además proporcionando mayor frescura en productos almacenados por tiempos prolongados (Rettenmaier & Söhne, 2015).

2.9.2 En panificación y galletería

- Aumenta la frescura del producto final
- Aumenta el tiempo de vida media. Se disminuye las devoluciones por extensión de la fecha de vencimiento.
- Aumenta el rendimiento de la masa, debido a su gran capacidad de retención de agua.
- Aumenta la resistencia a la rotura y desmoronamiento
- Mejora la elasticidad y resistencia al aplastamiento de pan y cupcakes.
- Otorga un beneficio económico, por incremento del rendimiento y menores devoluciones (productos vencidos, rotos, aplastados, desmoronados)
- Enriquece con fibras al producto, mejorando las funciones en el organismo.
- Confiere una dispersión más regular de las grasas en el producto, etc (Rettenmaier & Söhne, 2015).

2.9.3 Dosificación

En panificación regular: 1.5 a 3 %. Añadir de 4 a 5 lt de agua por cada kg de fibra empleada. En embutidos y productos cárnicos: 1 a 3.5 % y en salsas: 2 a 3 % (Rettenmaier & Söhne, 2015).

2.10 Vida en anaquel

Según Cordón (2007), menciona que la vida en anaquel puede ser definida generalmente como el periodo de tiempo seguido a la cosecha, producción o manufactura, sobre el cual el alimento mantiene la calidad requerida. Dicho nivel comestible aceptable desde el punto de vista de seguridad y organoléptica depende de cuatro principales factores, nombrando formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento.

Cordón (2007) en la práctica existen cinco principales formas de determinar la vida en anaquel de un producto, siendo estas: Valores encontrados en la literatura, devolución en la distribución, quejas de consumidores y prueba de vida en anaquel acelerada.

Según Soto & Vilcapoma (2012), admite que la vida en anaquel es el periodo de tiempo durante el cual se espera que un producto mantenga determinado nivel de calidad bajo condiciones de almacenamiento específicas. La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas, químicas, microbiológicas; sensoriales, nutricionales y referentes a inocuidad. En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil.

Este periodo depende de muchas variables en donde se incluyen tanto el producto como las condiciones ambientales y el empaque. Dentro de las que ejercen mayor peso se encuentran la temperatura, pH, actividad de agua, humedad relativa, radiación (luz), concentración de gases, potencial redox, presión y presencia de iones (Soto y Vilcapoma, 2012).

Según Gualdrón & González (2013), afirman que la vida útil es muy importante para la comercialización de cualquier producto alimenticio, porque ayuda a evitar cualquier tipo de problema de salud pública, ya sea por la alteración química o microbiológica ya que todos los alimentos se estropean y lo hacen de modo distinto y con diferente ritmo cuando ya se ha superado su punto óptimo de calidad.

2.10.1 Factores que afectan la vida útil de un producto

La vida en anaquel de un producto está determinada por los componentes del sistema, el proceso de elaboración, el método de empaçado, el tiempo y la humedad relativa durante el transporte y almacenamiento. En forma general, estos factores pueden ser caracterizados en factores intrínsecos y extrínsecos (Chau, 2003).

Los factores intrínsecos están constituidos por las propiedades del producto final, como son:

- Contenido de humedad.
- pH y acidez.
- Potencial redox.
- Oxígeno disponible.
- Contenido de nutrientes.
- Microflora natural y recuento de microorganismos supervivientes.
- Bioquímica de la formulación del producto (reactivos, químicos, enzimas, etc.)
- Uso de conservantes en la formulación del producto.
- Los factores intrínsecos se encuentran influenciados por variables como, tipo y calidad de la materia prima, formulación del producto y su estructura.

Los factores extrínsecos son aquellas que el producto tiene que enfrentar durante la cadena de distribución del mismo, estos incluyen los siguientes:

- Perfil tiempo – temperatura durante el procesamiento, presión del espacio de cabeza.
- Control de temperatura durante el almacenamiento y distribución
- Humedad relativa durante el procesamiento, almacenamiento y distribución
- Exposición a la luz durante el procesamiento, almacenamiento y distribución
- Contaminación microbiana durante el procesamiento, almacenamiento y distribución
- Composición de la atmósfera dentro del empaque

- Manipulación del consumidor.

Estos factores operan comúnmente en forma conjunta e impredecible, por lo que debe investigarse la posibilidad de interacción entre ellos. Un tipo de interacción particular muy útil ocurre cuando los factores como, reducción de la temperatura, tratamiento térmico, acción antioxidante y empaque en atmosfera controlada, operan con la finalidad de inhibir el crecimiento microbiano, en el llamado “efecto de barrera”. Esta forma de interacción de los factores, los cuales, de forma individual, no podrían prevenir el crecimiento microbiano, en combinación, permite a los productores usar técnicas de procesamiento más moderadas de tal manera que permitan una mayor retención de las propiedades sensoriales y nutricionales (Chau, 2003).

a. La formulación

Es el porcentaje de materia prima que se utiliza en la transformación de un alimento, está formulación depende del tipo de producto que se elabora. En productos de naturaleza o de contenido de grasa superior al 10 %, pueden desarrollar rancidez (Krummenacher, Pereira, Rivera & Sanchez, 2012).

b. Procesamiento

Krummenacher et al., (2012). En el procesamiento, los factores que pueden influir en la vida útil de un producto alimenticio son:

- La calidad de las materias primas.
- La puesta en práctica de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)
- El tipo y capacidad de los equipos de procesamiento.
- Las condiciones sanitarias de las instalaciones.
- Las condiciones de almacenamiento, transporte y distribución del producto.

c. Empaque

En la preservación de los alimentos el empaque tiene la función de “protección” contra contaminantes que está en el ambiente y contra daños físicos, fuerzas, quebraduras. El empaque también protege de la humedad, por ejemplo, el pan sufre cambios en su textura y apariencia, pudiendo presentar moho en la superficie (Krummenacher et al., 2012).

d. Condiciones de almacenamiento

Dos elementos se toman en cuenta en las condiciones de almacenamiento: la temperatura y la humedad. En los estudios se encontró que los panes expuestos a temperaturas altas, modifican las propiedades de sabor, textura y aroma, afectan a su vida útil; que el incremento de la humedad en el ambiente provoca mayor deterioro en la textura de los panes (Krummenacher et al., 2012).

2.10.2 Determinación del tiempo de vida útil

Gácula (1975), menciona que en la experimentación con alimentos, diversos estudios de estabilidad se realizan de manera rutinaria, algunos se centran en la velocidad de deterioro de la calidad, y otros en el periodo de tiempo requerido para que el producto sea inadecuado para el consumo humano. Deben considerarse determinados criterios de deterioro, dependiendo del tipo de alimento que se va estudiar. Un criterio es el incremento o disminución del número de unidades (X) en el promedio de calificación de un panel sensorial.

Otro indicador de una muestra deteriorada es la presencia de levaduras, mohos, o un alto recuento de bacterias que hagan inaceptables las muestras para pruebas sensoriales de sabor. Finalmente cualquier cambio organoléptico, como el color y olor, que hacen a la

muestra inaceptable para el panel sensorial y el consumidor son considerados como criterios de producto deteriorado. Es uno o la combinación de estos criterios los que constituyen una muestra deteriorada.

Otra metodología empleada para determinar el tiempo de vida útil utiliza los resultados de controles simultáneos de calidad física, química, microbiológica y sensorial practicados a productos almacenados en las condiciones de comercialización. Se deben establecer previamente los límites de cada una de las variables que se estudiaran, y cuáles de ellos son críticos. Así, por ejemplo, para los controles microbiológicos se emplean los límites reglamentarios vigentes; para calidad sensorial y sus diferentes parámetros, determinados con un panel entrenado, se ha fijado un límite, que en el caso de la escala de Karlsruhe corresponde a 5,5 y que representa el límite de comercialización. Para cada variable estudiada se establece la ecuación que representa la cinética de deterioro en el tiempo. Las ventajas de este método son: posibilidad de correlacionar las variables estudiadas y definir posibles causas de deterioro y estimar por cálculo el tiempo que tarda la calidad en llegar al límite, sin necesidad de realizar controles hasta alcanzar ese tiempo, el que puede ser verificado, posteriormente, repitiendo el estudio hasta sobrepasar ese tiempo. Su desventaja es que no considera la opinión del consumidor y es muy probable que la vida útil así obtenida sea más corta que la que resultaría al considerar la aceptabilidad del consumidor. Esta metodología ha sido aplicada en estudios de vida útil de productos dietéticos (Gácula 1975),

Modelar un estudio de vida en anaquel no es tarea sencilla por cuanto son muchas las variables involucradas y no siempre se pueden manejar a voluntad. Los estudios de almacenamiento acelerado dan cuenta de los cambios extremos que puede experimentar un alimento. Son importantes para decidir cuales variables estudiar y establecer la frecuencia de los controles a realizar (Calderón, Curia, Fuenzalida, Hough, López & Witting, 2005).

2.10.3 Determinación del tiempo máximo de almacenamiento para el estudio de vida útil.

Un estudio de vida útil se realiza hasta lograr un deterioro apreciable en las muestras o sea, hasta conseguir un rechazo por parte del consumidor). Por este motivo es muy importante definir cuál es el tiempo máximo de almacenamiento con el que se va trabajar. Normalmente en las empresas se conoce un tiempo estimado de deterioro de las muestras, en condiciones normales de almacenamiento; sin embargo, cuando se plantean estudios acelerados de vida útil esta información no siempre se conoce previamente. Por lo tanto, es interesante hacer algún tipo de ensayo preliminar, en las condiciones de ensayo seleccionadas, que permitan fijar dentro de márgenes amplios. El tiempo en el que la muestra sufre un deterioro importante (De La Cruz, 2009).

2.10.4 Selección del diseño experimental

Según Fiszman & Hough (2005), afirman que existen dos tipos de diseños aplicables a los estudios de vida útil: el diseño básico y el diseño escalonado.

2.10.4.1 Diseño básico

Según Fiszman & Hough (2005), admiten que consiste en almacenar un lote de muestra en las condiciones seleccionadas e ir haciendo un muestreo en los tiempos prefijados. En cada muestreo se realizan todos los análisis correspondientes. La ventaja de emplear un diseño básico es que se trabaja con un único lote de producción.

Las desventajas del diseño básico son que hay que reunir al panel de evaluadores y los consumidores varias veces (en cada tiempo de muestreo), lo que implica mayor trabajo y mayor costo. Los evaluadores sensoriales van intuyendo el objetivo del estudio y hay un error

de expectativa. Si se citan siempre a los mismos consumidores, estos también pueden percatarse de los objetivos del estudio. Como ya se mencionó, se debe recordar la precaución de asegurar que el testigo se mantenga inalterado a lo largo del estudio; de no ser así, hay que cambiarlo por testigo fresco cada día de ensayo. (Fizman & Hough, 2005).

2.10.4.2 Diseño escalonado

Según Fizman & Hough (2005), afirman que consiste en almacenar diferentes lotes de producción en las condiciones seleccionadas a diferentes tiempos, de forma de obtener en un mismo día todas las muestras con los diferentes grados de deterioro y en ese día analizarlas. La ventaja de emplear el diseño escalonado es que todos los ensayos se realicen en un solo día (se reúne al panel de evaluadores y se reclutan los consumidores una solo vez) y además no se necesita almacenar un control.

La desventaja del diseño escalonado es que al trabajar con varios lotes de producción es difícil definir cual se toma como testigo. ¿Se puede evitar trabajar con distintos lotes de producción? En el ejemplo planteado, este inconveniente se evita manteniendo panes del mismo lote de producción a temperatura ambiente y congelarlos (congelación rápida en túnel a -40°C y mantenimiento en cámaras a -20°C) después de transcurridos los distintos tiempos elegidos, de forma que el día de estudio haya panes provenientes del mismo lote con 1, 5, 8, 11, 13, 15 y 17 días de almacenamiento. El día previo al estudio se descongelan todas las muestras (Subramaniam, 1998).

2.11 Diseño factorial

Gutiérrez & De la Vara (2004). El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas o características de calidad, es decir, lo que se busca es estudiar la relación entre los factores y la respuesta, con la finalidad de conocer

mejor como es esta relación y generar conocimiento que permita tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso. Por ejemplo, uno de los objetivos particulares más importantes que en general tiene un diseño factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la cual el desempeño del proceso sea mejor que en las condiciones de operación actuales, es decir, encontrar nuevas condiciones de operación del proceso que eliminen o disminuyen cierto problema de calidad en la variable de salida. Problema que muchas veces en la práctica se traduce a buscar centrar la media de la respuesta de interés en su valor objetivo y con variabilidad mínima.

Los factores pueden ser de tipo cualitativo (máquinas, tipos de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.), o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.), para poder estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta, es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos (tres máquinas, dos operadores, tres velocidades, dos temperaturas), con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente en el proceso todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles seleccionados (Gutiérrez & De la Vara, 2004).

2.12 Análisis Sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria (Huerta & Torricella, 2008).

Según Fiszman & Hough (2005), indican que, la evaluación sensorial es una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones que motivan este rechazo o aceptación varían con el tiempo y el momento en que se perciben. De esta manera, la calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre, dando

origen a una sensación provocada por determinados estímulos procedentes del alimento a veces modulada por las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupos de personas que la evalúa.

El análisis sensorial o evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos (Grosso, 2002), es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones ante características de los alimentos, que se perciben por los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto.

A nivel sensorial, la vida útil en estantería de los alimentos depende de la aceptación, al interactuar el alimento con el consumidor. Por ello los consumidores son la herramienta más apropiada para determinarla (Houng, 2003).

2.13 Pruebas Afectivas

Se realizan con personas no seleccionadas ni entrenadas, las que constituyen los denominados jueces afectivos. Los mismos en la mayoría de los casos se escogen atendiendo a que sean consumidores reales o potenciales del producto que se evalúa. Las pruebas afectivas se emplean en condiciones similares a las que normalmente se utilizan al consumir el producto, de ahí que puedan llevarse a cabo en supermercados, escuelas, plazas, etc.

Los resultados que de las mismas se obtienen siempre permitirán conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos por lo que es importante que las personas entiendan la necesidad de emitir respuestas lo más reales posibles (Ramírez, 2010).

El cuestionario a emplear es otro elemento que debe ser analizado con rigor, para evitar que este introduzca errores en los resultados obtenidos. El mismo no debe ser muy extenso para evitar fatiga en los jueces o rechazo al realizar la prueba, además debe de ser

fácil de responder, de manera clara con preguntas de fácil comprensión y con impresión legible, estas pruebas pueden ser de aceptación, preferencia o escalares (Ramírez, 2010).

2.14 Atributos sensoriales

Las características sensoriales de un alimento, lo que denominamos sus atributos, son los que nos impulsan a degustarlo. Estas características se clasifican según el sentido que lo percibe.

- Gusto y sabor
- Aroma y olor
- Color y apariencia
- Textura (Witting De Penna, 1998).

a. Gusto y sabor

Se entiende por gusto y sabor a la sensación percibida a través del sentido del gusto, localizado principalmente en la lengua y cavidad bucal. Se definen cuatro sensaciones básicas: ácido, salado, dulce y amargo. El resto de las sensaciones gustativas proviene de mezclas de estas cuatro, en diferentes proporciones que causan variadas interacciones (Witting De Penna, 1998).

b. Aroma y olor

Aroma es la fragancia del alimento que permite la estimulación del sentido del olfato, por eso en el lenguaje común se confunden y usan como sinónimos. Olor es la sensación producida al estimular el sentido del olfato. (Witting De Penna, 1998).

c. Color y apariencia

El color que percibe el ojo depende de la composición espectral de la fuente luminosa, de las características físicas y químicas del objeto, la naturaleza de la iluminación base y la sensibilidad espectral del ojo. Todos estos factores determinan el color que se aprecia (Witting De Penna, 1998).

En este parámetro se evalúa el color de la corteza y el color de la miga. En la primera se tiene en cuenta uniformidad dorado en la parte superior e inferior del pan, de lo contrario se evalúa si se presenta no uniformidad, color opaco o con manchas, muy claro u oscuro, quemado, sucio. En la miga se establece si esta es de color crema o brillante, muy pálida (blanco) u oscura (castaño), con manchas, puntos, opaca o gris (Elías, Jeffery, Ylimaki & Watts, 1992).

d. Textura

Se entiende por textura el conjunto de percepciones que permiten evaluar las características físicas de un alimento por medio de la piel y músculos sensitivos de la cavidad bucal, sin incluir las sensaciones de temperatura y dolor. (Witting, De Penna 1998).

El tacto sobre la superficie del corte debe identificar una textura elástica, suave y sedosa, o determinar si la superficie es áspera, desmoronable, seca, compacta, pegajosa o semielástica (Elías, et al; 1992).

2.15 Aplicación de la evaluación sensorial

La evaluación sensorial es muy empleada en la industria de alimentos, teniendo las siguientes aplicaciones (Saavedra, 2005).

- Desarrollo de nuevos productos.
- Imitación de productos.
- Mejora de un producto.
- Cambios en el proceso, reducción de costos y/o selección de una nueva materia prima.
- Control de calidad.
- Estabilidad durante el almacenamiento.
- Correlación de características sensoriales con medidas físicas y químicas.
- Selección y entrenamiento de panelistas.
- Estudios de vida útil (Ramírez, 2010).

En general la función principal del análisis sensorial es estudiar y traducir los deseos y preferencias de los consumidores en propiedades tangibles y bien definidas de un producto dado, además contribuye a detectar los aspectos positivos y negativos y adaptarlos para responder mejor al gusto de los consumidores (Ramírez, 2010).

2.16 Análisis fisicoquímicos

2.16.1 Actividad de agua (A_w)

La actividad acuosa denominada también actividad de agua, se define como la relación que existe entre la presión de vapor de un alimento dado en relación con la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura. Se denomina por regla general como a_w . La actividad acuosa es un parámetro estrechamente ligada a la humedad del alimento lo que permite determinar su capacidad de conservación, propagación microbiana, propiedades físicas y químicas. La actividad acuosa de un alimento se puede reducir aumentando la concentración de solutos en la fase acuosa de los alimentos mediante la extracción de agua (liofilización) o

mediante la adición de nuevos solutos. La actividad acuosa junto con la temperatura, el pH y el oxígeno son los factores que más influyen en la estabilidad de los productos alimenticios.

La mayoría de microorganismos están constituidos por un 70 y 80 % de agua. Mantener estos niveles es un desafío si el organismo está expuesto a ambientes cambiantes.

La actividad de agua de un producto (A_w) o la humedad relativa en equilibrio (ERH), es una propiedad importante que se relaciona con muchos aspectos de la caducidad del producto. La actividad de agua. Y la ERH se expresa en una escala de 0 a 100 expresada como porcentaje, mientras que la actividad de agua se expresa en una escala de 0 a 1. Por lo tanto, una ERH del 80 % es igual a una A_w de 0,8. (Cauvain & Young, 2006).

2.16.2 Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en alimentos

La A_w es un factor crítico que determina la vida útil de los productos. Este parámetro establece el límite para el desarrollo de muchos microorganismos, mientras que la temperatura, el pH y otros factores pueden afectar el crecimiento de microorganismos en un alimento, la A_w puede ser el factor más importante controlando el deterioro. La actividad del agua, no es el contenido de agua, determina el límite inferior de agua disponible para sostener crecimiento microbiano. La mayoría de bacterias, por ejemplo, no crecen a actividades de agua por debajo de 0.90, y la mayoría de mohos y levaduras dejan de crecer en valores por debajo de 0.6.

2.16.3 Humedad

FAO (2013), menciona que la humedad es un parámetro de calidad que se evalúa, ya sea para indagar el nivel adecuado de agua que debe poseer un alimento para que no afecte su calidad sensorial, física, nutritiva, microbiológica o todas estas; por ejemplo es necesario

conocer la cantidad de agua de un alimento preparado ya que valores superiores al 8 % y 14 % favorecen la contaminación por insectos y microorganismos (hongos y bacterias), respectivamente. El método más habitual para la determinación de este parámetro es la desecación en estufa de aire caliente, el cual consiste en pesar el alimento tal cual, y después de evaporar toda la humedad, pesarlo nuevamente y por diferencia de pesos obtener el resultado.

2.16.4 Determinación de pH

El pH es un parámetro fisicoquímico que mide la capacidad que tienen las sustancias de ceder o captar hidrogeniones (cationes hidrógeno o protones: H^+).

Las sustancias que ceden H^+ se llaman ácidos y las que captan H^+ son bases.

También es equivalente definir un ácido como una sustancia que acepta electrones y aquellas sustancias que ceden electrones como bases (Ruiz, 1997).

2.16.5 Análisis microbiológico

Según Pascual & Calderón (2000), menciona que un estudio microbiológico permite conocer las posibles fuentes de contaminación del producto elaborado, detectar probable flora patógena que puede representar un riesgo para el consumidor o predecir el tiempo de conservación del alimento.

Los alimentos no son productos totalmente estériles, existen algunos que admiten un límite muy reducido de microorganismos y otros como los que poseen agentes probióticos en los que cuantificar un determinado tipo de microorganismos sería innecesario, sin embargo cuando algún alimento presenta una carga microbiana mayor a lo establecido en normas nacionales e internacionales, se enfrenta la posibilidad de existencia de microflora patógena

por lo que es de vital importancia la realización de un examen microbiológico que comprenderá: el muestreo, selección de la técnica de análisis y la interpretación de los resultados conforme a las normativas vigentes (Pascual & Calderón, 2000).

a. Hongos (mohos y levaduras)

Los hongos tienen interés en la industria de alimentos por diferentes razones, por ejemplo para indagar la existencia de contaminación, producir alimentos fermentados y otros biotecnológicos. (Pascual & Calderón, 2000).

La importancia de un estudio micológico radica no solo en el hecho de que el alimento presente contaminación por deterioro, sino que además la presencia de micotoxinas y la capacidad infectiva puede poner en peligro la salud de los individuos, ocurriendo infecciones, alergias o intoxicaciones. (Pascual & Calderón, 2000).

El luego de salir del horno elimina todo microorganismo. Sin embargo, el pan está sujeto a una nueva contaminación después de la cocción, cuando el pan está expuesto al aire, en contacto con las superficies o por la manipulación del operador, distribuidor o del consumidor final; sumado además las condiciones atmosféricas en las que sea almacenado el producto. A pesar que estos factores influyen en el tiempo de vida útil del producto, en las normas ecuatorianas no se ha considerado especificaciones del tipo microbiológico para el pan, se ha considerado la norma mexicana de productos de panificación, el cual establecen límites máximos permisibles de unidades formadoras de colonias por gramo de producto (ufc/g) para determinar su inocuidad (Quintong & Tenesaca, 2013).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

El presente proyecto de investigación se realizó en la Universidad Peruana Unión - Lima; en las instalaciones del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL), Centro de Investigación en Ciencia de Alimentos (CICAL) y el Laboratorio de Control de Calidad del Centro de Aplicación Productos Unión.

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Equipos

- Amasadora (Jossisa, modelo: AS 15, serie: 0.32)
- Horno Josisa (Jossisa, modelo: rotativo, serie: 036)
- Cámara de fermentación (Jossisa, modelo: CF04, serie: 017)
- Estufa (Marca: Muszen)
- Incubadora (Marca: Binder)
- Termo balanza (Marca: Pesacon)
- Contador de colonias (Marca: Phoenix)
- Balanza gramera (Marca: Scout-pro, Modelo: Scout pro SP6000, Capacidad:6000g)
- Balanza Analítica (Marca: Pionnerse, Modelo: Item PA214, Capacidad: 210g)
- AQUA LAB 3TE.

3.3 Materiales

- Mesa de acero inoxidable
- Cronometro
- Placas Petri
- Placas petrifilm (Marca: 3M)
- Vasos precipitados
- Espátula
- Termómetro digital
- Papel toalla (Marca: Elite)
- Pipetas (Marca: Pyrex, Cantidad: 1 ml)
- Probeta de 250ml. Duran, germany
- Matraz. Erlenmeyer (Marca: Pyrex, Cantidad: 250 y 1000 ml)
- Probetas (Marca: Normax, Cantidad: 50 y 100 ml).

3.4 Insumos e ingredientes

- Harina de trigo especial Premium BENOTI
- Fibras alimentarias (Trigo WF 101 y Trigo WF 200)
- Agua potable
- Azúcar blanca
- Sal industrial
- Levadura
- Manteca

La metodología que se usó para la elaboración de pan tipo hamburguesa se describe continuación mediante el siguiente diagrama de flujo.

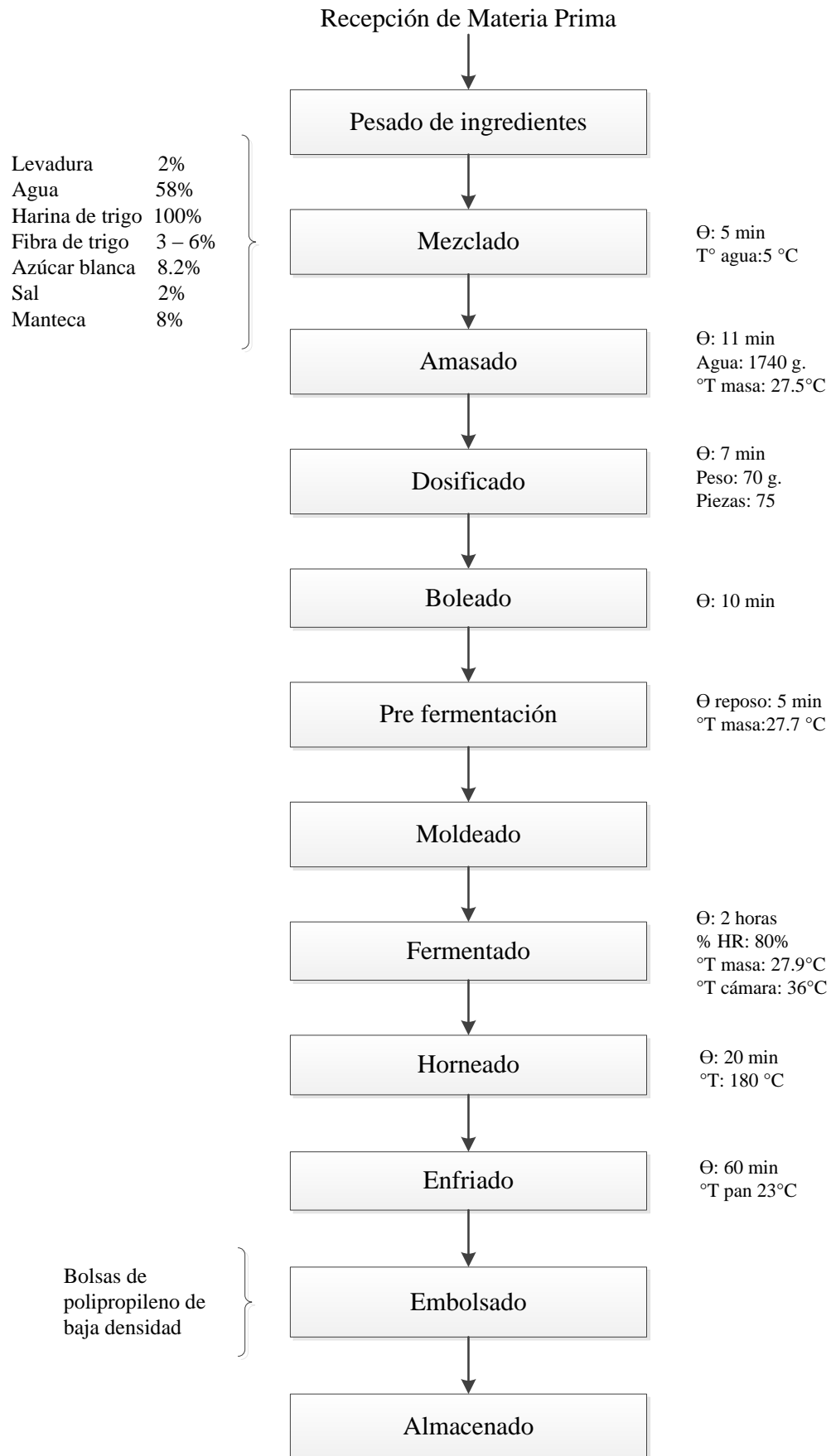


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de pan

3.4.1 Descripción de la metodología

- a. **Dosificación de Ingredientes:** Se realizó de acuerdo con las cantidades establecidas en la formulación para cada producto, la dosificación es hecha de manera exacta; de lo contrario la variación de los ingredientes puede provocar efectos en los productos elaborados.
- b. **Mezclado y amasado:** Los objetivos de este paso son la distribución homogénea de los ingredientes y un adecuado desarrollo del gluten. Por un tiempo de 11 minutos. El método más empleado es el directo en el cual todos los ingredientes se mezclan al mismo tiempo.
- c. **Dividido o corte:** Se divide la masa en tantas porciones como panes se vayan a fabricar. Para lo cual se pesó 70 g cada pieza durante 7 minutos, obteniendo 75 piezas de panes. Para ello se emplea una máquina cortadora divisora, para obtener un peso similar en cada pan se debe tener en cuenta la pérdida de peso de la masa por deshidratación. La AACC (2012) señala que para pruebas de laboratorio el peso debe de ser 10 g.

Según Gimeno (2013) la división, ya sea manual o mecánica, debe durar 10 -15 minutos, en caso contrario la masa se encuentra demasiado fermentada y con una temperatura y acidez excesivas que se traducen en problemas de desgasificación y masas pegajosas, resultando en productos con colores de corteza desiguales y con ausencia de sabor.

- d. **Boleado y reposo:** El objetivo de esta etapa es producir una capa seca en cada una de las piezas para que la etapa posterior, el formado, sea suave y no produzca desgarres en la masa. El boleado puede realizarse manualmente o con boleadoras pero siempre

debe proporcionar piezas uniformes. Una vez dividida la masa es necesario realiza un correcto boleado o heñido. Es una etapa sencilla aunque requiere experiencia y destreza para bolear de modo correcto las piezas, este proceso se desarrolló durante 10 minutos. Las piezas deben tener cierta flexibilidad, para permitir el formado, y deben presentar un cierre en la parte inferior lo suficientemente hermético para evitar pérdidas de gas durante la fermentación.

- e. **Fermentado:** Los panes se colocan en la cámara de fermentación donde crecen aproximadamente el doble de su tamaño a una temperatura de 33 – 36 °C y una humedad entre 80 – 85 %. Esta etapa de fermentación es la más larga y las enzimas α -amilasa, β -amilasa, glucosidas y amiloglucosidasa actúan sobre el almidón. El tiempo de leudado es por 2 horas entre 80 % de humedad relativa y a una temperatura de 36°C de cámara de fermentación.

El ambiente presente en las piezas formadas es principalmente anaerobio, por lo que la fermentación que tiene lugar en mayor grado es de tipo alcohólica aunque a su vez se producen distintas fermentaciones complementarias (láctica, acética y butírica).

- f. **Horneado:** Finalmente los panes se colocan en el horno a una temperatura acorde con el tamaño y el tipo de pan. Esta etapa sucede en dos fases: Cuando el producto adquiere una temperatura interna de 45 – 50°C la producción de gas se inactiva por la muerte de la levadura y da el volumen final del pan y la miga se expande por la acción del gas; cuando el producto tiene una temperatura interna entre 60 – 70° hay coagulación de proteína y gelatinización de los almidones, el producto pierde su plasticidad adquiere la forma definitiva del pan. En la etapa ocurre el secado que forma la corteza y el cocimiento del pan. Las variables del proceso de cocción (temperatura, vapor, configuración del horno, tiempo, etc.) dependen de las

características del producto a elaborar y del aspecto deseado para el producto final. Se realizó por 20 minutos a una temperatura de 180°C.

- g. Enfriamiento:** Debe efectuarse a temperatura ambiente (25 °C), por un tiempo de 60 minutos, hasta que el pan tenga una temperatura de 23 °C, no todos los tipos de pan se empacan pero cuando se hace no se deben empacar panes aún calientes (27 – 30°C) y no empacar en envase de polietileno que contengan polímeros tóxicos.

3.5 Evaluación sensorial

Para el análisis sensorial de los cuatro tratamientos se realizó mediante una prueba afectiva (escala hedónica), que constaba de las siguientes opciones: 9. *Me gusta muchísimo*, 8. *Me gusta mucho*, 7. *Me gusta moderadamente*, 6. *Me gusta poco*, 5. *No me gusta, ni me disgusta*, 4. *Me disgusta poco*, 3. *Me disgusta moderadamente*, 2. *Me disgusta mucho*, 1. *Me disgusta muchísimo*. (Hernández, 2012). Se realizó con un grupo de 8 jueces semi-entrenados entre jóvenes y señoritas de la E.P. de Ingeniería de Alimentos de la universidad Peruana Unión (Lima). A los cuales se les proporcionó la encuesta que se observa en el Anexo 1, se consideró las características organolépticas como: color, olor, sabor, textura y apariencia general del pan tipo hamburguesa.

Las muestras fueron elaboradas e inmediatamente almacenadas en las mismas condiciones en que se comercializa el pan en el mercado. Es decir, una vez que el pan está frío es dispuesto dentro de bolsas plásticas, luego estas son debidamente selladas y almacenadas a temperatura ambiente; desde el primer día de su elaboración.

3.6 Determinación de vida útil por análisis fisicoquímicos

Aragundi, Cornejo & Plua (2005). Para determinar el tiempo de vida útil se analizó actividad de agua A_w , % de humedad y pH en relación al tiempo. Los panes fueron enfriados por dos horas, empaquetados en bolsas de polipropileno, fueron almacenados a temperatura ambiente (25°C) por 11 días. Para esto, se elaboraron 65 unidades de pan de cada tratamiento, empaquetándose 3 unidades en cada bolsa.

Estos indicadores fisicoquímicos y microbiológicos se ven reflejados en los indicadores sensoriales, atributos correspondientes a apariencia general, color, olor, sabor y textura los cuales dependerán de factores tales como prácticas particulares de fabricación. La calidad sensorial tiene un papel determinante en la decisión de la compra del producto. Por esta razón, se considera importante la evaluación fisicoquímica y microbiológica del pan. (Acevedo, Duran, Sánchez & Vásquez 2012).

Ya terminado el producto se procedió a determinar la vida útil de este, utilizando el diseño escalonado, para la determinación de análisis sensorial y microbiológico.

3.6.1 Determinación de propiedades fisicoquímicas

a. Metodología para determinar Actividad de Agua (AOAC 32.005)

Para determinar la actividad de agua se utilizó el equipo AquaLab 3TE.

Procedimiento

La actividad de agua se determinó por medio de un medidor AQUALAB marca decagon modelo serie 3 TE, con una exactitud de ± 0.003 %.

Para establecer la actividad acuosa de las muestras se tomó una porción (aproximadamente 1 g) a partir de 1 cm desde la corteza hacia el centro de la rebanada de pan; posteriormente se colocó en el centro del portaobjetos del equipo y se realizó la lectura automática después de 5 minutos. La medición se llevó a cabo por triplicado. (Garzón, Acosta, Cardona, Hurtado, Rodríguez, Taborda, & Mejía, 2011).

Anotar los resultados de la muestra en la hoja de registro.

b. Determinación de humedad por el método rápido Termo-balanza (AOAC 967.19)**Procedimiento**

- Encender el analizador de humedad, presionar la tecla “Tare/Stop” para que la termo-balanza entre en modo de calentamiento durante 10 min.
- Después del precalentamiento, el equipo entrara en “Modo pesaje”, durante este modo se debe colocar los pesa muestra de aluminio en el comportamiento de la balanza y luego presionar la tecla “Tare/Stop” para tarar el contenedor.
- Pesar 2.000 +/- 0.1 g de la muestra en el contenedor de aluminio. Procurar que la muestra se encuentre dispersa uniformemente por la superficie del plato.
- Presionar la tecla “START” y verificar que el equipo se encuentre en modo “1”, este modo expresara el resultado en forma porcentaje.
- Al cabo de 15 a 22 minutos la muestra habrá sido secada y la termo-balanza emitirá un pitido indicando que el análisis ha terminado.
- Como parte del aseguramiento de resultados se colocar un material de referencia, el cual se correrá antes del análisis de las muestras.
- Anotar los resultados de la muestra en el registro.

c. Determinación de pH. (AOAC 945.42)

Para ello se utilizó el potenciómetro (pH-metro) como instrumento para medir el pH de las soluciones. Cuando el electrodo entra en contacto con la disolución se establece un potencial a través de la membrana de vidrio que recubre el electrodo. Este potencial varía según el pH.

Procedimiento

- Pesar 10 g de muestra.
- Medir 100 ml de agua destilada para este proceso se utiliza una dilución 1 en 10.
- Transferir la muestra al matraz Erlenmeyer de 250 ml limpio y seco, añadir los 100 ml de agua destilada y agitar cuidadosamente, hasta que las partículas queden uniformemente en suspensión.
- Continuar agitando ocasionalmente durante 30 minutos y dejar en reposo por 10 minutos.
- Decantar el líquido sobrenadante a un vaso seco y determinar el pH en medio de un potenciómetro de lectura directa.
- Reportar el pH.

d. Determinación de peso

Se cuantifico por medio de una balanza analítica, las muestras se determinaron por triplicado.

3.6.2 Evaluación microbiológica (AOAC 997.02)

Se utilizó laminas petrifilm marca 3M para mohos y levaduras, que contienen un medio específico listo para usar, facilitando el análisis.

- Las muestras se prepararon en dilución 1:10. Se pesó 10 g de pan que se diluyó en 100 ml de agua estéril.
- Coloque la placa petrifilm en una superficie plana y nivelada, levante la lámina semitransparente superior. Con la pipeta perpendicular a la placa petrifilm coloque 1 ml de la muestra. (Previamente preparada con su correspondiente dilución).
- Libere la película superior.
- Sosteniendo el sujetador coloque el dispersor de mohos y levaduras sobre la placa.
- Presione suavemente el dispersor para distribuir la muestra sobre el área circular.
- Levante el dispersor, espere 1 minuto que se solidifique el gel y proceder a la incubación.
- Incube las placas cara arriba en grupo de hasta 20 unidades de altura.
- Tiempo de incubación y temperatura varían según el método. Los métodos comúnmente aprobados son:
 - AOAC método oficial 997.02 (en alimentos) incubar 5 días entre 21°C y 25°C.
- Retirar las placas una vez cumplido su tiempo de incubación y proceder al recuento de colonias.
- Para el conteo se puede utilizar en contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz.

3.7 Diseño estadístico

Se utilizó el diseño factorial completamente aleatorio de 2^2 ; mediante el programa STATISTICA versión 7.0, la distribución de los experimentos según el diseño, las variables independientes y los niveles se muestran en la Tabla 7 y 8.

Tabla 6
VARIABLES INDEPENDIENTES PARA LA ELABORACIÓN DE PAN

VARIABLES INDEPENDIENTES	
A	Fibra de trigo WF 101
B	Fibra de trigo WF 200

Con el objetivo de encontrar los niveles aceptables del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias. La distribución de los experimentos fueron según el diseño factorial completamente aleatorio de 2^2 , las variables independientes y los niveles de las variables se muestran en la Tabla 8.

Tabla 7
VARIABLES Y NIVELES DEL DISEÑO FACTORIAL CODIFICADOS

Tratamientos	Niveles		Niveles Codificados	
	A	B		
1	-1	-1	101 (3 %)	200 (3 %)
2	1	-1	101 (6 %)	200 (3 %)
3	-1	1	101 (3 %)	200 (6 %)
4	1	1	101 (6 %)	200 (6 %)

Tabla 8
Ingredientes para la elaboración de pan tipo hamburguesa (g)

Tratamientos	Harina de trigo	Fibra de trigo WF 101	Fibra de trigo WF 200	Azúcar Blanca	Sal	Manteca	Agua	Levadura fresca
1	1000	30	30	82	20	80	580	20
1	1000	30	30	82	20	80	580	20
1	1000	30	30	82	20	80	580	20
2	1000	60	30	82	20	80	580	20
2	1000	60	30	82	20	80	580	20
2	1000	60	30	82	20	80	580	20
3	1000	30	60	82	20	80	580	20
3	1000	30	60	82	20	80	580	20
3	1000	30	60	82	20	80	580	20
4	1000	60	60	82	20	80	580	20
4	1000	60	60	82	20	80	580	20
4	1000	60	60	82	20	80	580	20

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Elaboración de pan tipo hamburguesa

Se elaboró el pan adaptando a la metodología descrita. Aplicando el diseño factorial 2^2 de las cuales las variables en estudio fueron % de fibra de trigo WF 101 y fibra de trigo WF 200. De los cuales se observó que los panes elaborados con fibra de trigo presentan mejor elasticidad a comparación del pan testigo. La incorporación de fibra de trigo en la elaboración de pan tipo hamburguesa es una alternativa para mejorar las características nutricionales y organolépticas.

4.2 Resultados del análisis sensorial

Se realizó la prueba de degustación con los cuatro tratamientos del pan tipo hamburguesa y un tratamiento como testigo. Las sesiones de evaluación duraron entre 30 y 60 minutos, de acuerdo a Valere & Ares (2014) mediante la técnica de escala hedónica de 9 puntos, con jueces semi-entrenados, los panelistas fueron los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos. Quienes evaluaron cinco atributos sensoriales (Apariencia general, color, olor, sabor y textura), estas evaluaciones se realizaron los días (1, 5, 8 y 11) según el diseño escalonado durante 11 días.

Singh y Cadwallader (2004) señala que la calidad de un alimento cambia con el tiempo, ya que muchos procesos de deterioro y descomposición están relacionados con la química, bioquímica y/o cambios físicos tales como la oxidación de lípidos, y la absorción de humedad cambia la apariencia general de los alimentos, la textura, el sabor y el olor.

Los resultados obtenidos de la escala hedónica se analizaron con el paquete estadístico STATISTICA 7.0 aplicando un análisis de ANOVA para comparación de medias (Valere & Ares, 2014). También se utilizó el programa Microsoft Excel aumentando el tratamiento testigo sin fibra, tal como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 9
Resultado de las propiedades sensoriales del primer día de evaluación

Tratamientos	Propiedades Sensoriales Día 1				
	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura
Tratamiento 1	8	8	8	8	8
Tratamiento 2	7	7	7	7	8
Tratamiento 3	7	7	7	7	7
Tratamiento 4	7	7	7	7	7
Testigo	8	8	7	8	7

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis sensorial, mostrado en la Tabla 10, presentaron de manera general una aceptación positiva en el primer día de evaluación, en los cuatro tratamientos experimentales, donde propiedades sensoriales de aceptación general, color, olor, sabor y textura oscilaron entre 7-8 según la calificación de la escala hedónica.

La evaluación sensorial (Tabla 10) reveló una gran aceptación de los panes elaborados con fibras alimentarias en base a las mezclas experimentales, obteniendo una calificación según la escala hedónica: Me gusta mucho (valor 8) y Me gusta moderadamente (valor 7) así como para las características organolépticas de apariencia general, color, olor, sabor y textura.

4.2.1 Análisis estadístico de la evaluación sensorial del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias

Tabla 10.
Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo sensorial en el día 1

Fuente de variación	Apariencia general		Color		Olor		Sabor		Textura	
	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P
1 fibra de trigo WF 101	3.12500	0.01322	1.12500	0.2142	3.12500	0.001686	1.5313	0.09244	0.50000	0.2893
2 fibra de trigo WF 200	0.12500	0.60087	1.12500	0.2142	0.50000	0.175597	1.5313	0.09244	0.50000	0.2893
1 by 2	3.12500	0.01322	1.12500	0.2142	1.12500	0.046362	1.5313	0.09244	4.50000	0.00307

Los resultados del ANOVA de la evaluación sensorial del primer día revelan que la variable independiente Fibra de trigo WF 101 y la interacción (1 y 2) tienen efectos significativos para la apariencia general con un valor $p < 0.01322$.

Del mismo modo se observa que la variable independiente fibra de trigo WF 101 (1) el efecto significativo es $p < 0.001686$ y la interacción (1 y 2) tiene efecto significativo para el olor $p < 0.046362$ y para la textura tiene efecto significativo en la interacción (1 y 2) $p < 0.00307$.

Estadísticamente nos dice que si hubo diferencias significativas a un $P < 0.05$ entre los tratamientos en los atributos de apariencia general, olor y textura. En cambio en los atributos de color y sabor los panelistas o los jueces no detectaron diferencia significativa en el primer día de evaluación.

Tabla 11
Resultado de las propiedades sensoriales del quinto día de evaluación

Tratamientos	Propiedades Sensoriales Día 5				
	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura
Tratamiento 1	7	7	7	7	7
Tratamiento 2	7	7	7	7	7
Tratamiento 3	7	7	7	7	7
Tratamiento 4	6	6	6	6	6
Testigo	7	7	6	7	7

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis sensorial, mostrado en la Tabla 12, presentaron de manera general una aceptación positiva en el quinto día de evaluación, en los cuatro grupos experimentales, y el tratamiento testigo donde propiedades sensoriales de aceptación general, color, olor, sabor y textura oscilaron entre 6-7 según la calificación de la escala hedónica.

La evaluación sensorial (Tabla 12) revelo aceptación de los panes elaborados con fibras alimentarias en base a las mezclas experimentales, obteniendo una calificación según la escala hedónica: Me gusta moderadamente (valor 7) y Me gusta poco (valor 6) tanto como para las características organolépticas de apariencia general, color, olor, sabor y textura.

Tabla 12

Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo sensorial en el día 5

Fuente de variación	Apariencia general		Color		Olor		Sabor		Textura	
	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P
1 Fibra de trigo WF 101	2.000000	0.00571	1.125000	0.0361	1.125000	0.032851	2.000000	0.00416	0.500000	0.168323
2 Fibra de trigo WF 200	0.125000	0.460500	0.125000	0.4692	2.000000	0.005711	3.125000	0.00055	0.500000	0.168323
1 by 2	0.500000	0.14567	1.125000	0.0361	0.125000	0.460500	1.125000	0.02661	0.000000	1.000000

Los resultados del ANOVA de la evaluación sensorial del quinto día muestran que la variable independiente fibra de trigo WF 101 tiene efectos significativos para la apariencia general con un valor $p < 0.00571$, del mismo modo se observa que la variable independiente fibra de trigo WF 101 y la interacción (1 y 2) tienen efectos significativos para el color con un valor $p < 0.0361$, las variables independientes fibra de trigo WF 101 y 200 tienen efectos significativos para los atributos de olor y sabor.

Estadísticamente nos dice que si hubo diferencias significativas a un $p < 0.05$ entre los tratamientos, en los atributos de apariencia general, color, olor y sabor. En cambio en el atributo de textura los panelistas o jueces no detectaron diferencia significativa en el quinto día de evaluación.

Tabla 13
Resultado de las propiedades sensoriales del octavo día de evaluación

Tratamientos	Propiedades Sensoriales Día 8				
	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura
Tratamiento 1	7	7	7	7	7
Tratamiento 2	5	5	5	5	5
Tratamiento 3	6	6	5	6	6
Tratamiento 4	5	5	5	5	5
Testigo	5	5	5	5	5

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis sensorial, mostrado en la Tabla 14, el tratamiento 1 obteniendo una calificación según la escala hedónica, Me gusta moderadamente (valor 7) en el día 8 de evaluación, tanto como para las características organolépticas de aceptación general, color, olor, sabor y textura. Mientras que los tratamientos experimentales 1, 2, 3 y la prueba patrón obtuvieron una calificación más baja según la escala hedónica que oscilaron entre: Me gusta poco (valor 6) y No me gusta, ni me disgusta (valor 5), tanto como para las características organolépticas de apariencia general, color, olor, sabor y textura.

Para ello coincidimos con lo que Hernández (2015), reportó relacionado a la evaluación sensorial como un instrumento con gran eficacia para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento a través de los sentidos de las personas.

Para ello los panelistas o evaluadores analizaron parámetros sensoriales como apariencia general, color, olor, sabor y textura, haciendo uso de sus sentidos, para poder definir la aceptación o rechazo de los panes tipo hamburguesa elaborados con fibras alimentarias.

Tabla 14

Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo sensorial en el día 8

Fuente de variación	Apariencia general		Color		Olor		Sabor		Textura	
	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P
1 Fibra de trigo WF 101	1.53125	0.043870	1.125000	0.0464	0.28125	0.457516	0.28125	0.37946	12.50000	0.000019
2 Fibra de trigo WF 200	0.28125	0.373430	1.125000	0.0464	2.53125	0.031782	1.53125	0.04643	3.12500	0.015789
1 by 2	2.53125	0.011259	2.000000	0.0096	2.53125	0.031782	0.28125	0.37946	2.00000	0.049231

Los resultados del ANOVA del octavo día revelan que la variable independiente fibra de trigo WF 101 y la interacción (1 y 2) tienen efectos significativos para la apariencia general con un valor $p < 0.05$, las variables independientes fibra de trigo WF 101 y WF 200 y la interacción (1 y 2) tienen efectos significativos para el color, mientras que la fibra de trigo WF 200 y la interacción (1 y 2) tiene efectos significativos para el olor, del mismo modo para el sabor y textura.

Estadísticamente nos dice que si hubo diferencias significativas a un valor $p < 0.05$ entre los tratamientos, en los atributos de apariencia general, color, olor, sabor y textura en el octavo día de evaluación

Tabla 15
Resultado de las propiedades sensoriales del día 11 de evaluación

Tratamientos	Propiedades Sensoriales Día 11				
	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura
Tratamiento 1	4	5	5	4	4
Tratamiento 2	4	4	3	3	3
Tratamiento 3	3	3	3	3	3
Tratamiento 4	2	2	2	2	2
Testigo	2	2	2	2	2

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis sensorial, mostrado en la Tabla 16, el tratamiento 1 obteniendo una calificación según la escala hedónica, No me gusta, ni me disgusta (valor 5) y Me disgusta poco (valor 4) en el día 11 de evaluación, tanto como para las características organolépticas de aceptación general, color, olor, sabor y textura. Mientras que los tratamientos 2, 3, 4 y la prueba testigo obtuvieron una calificación más baja según la escala hedónica que oscilaron entre: Me disgusta poco (valor 4), Me disgusta moderadamente (valor 3) y me disgusta mucho (valor 2), tanto como para las características organolépticas de apariencia general, color, olor, sabor y textura.

Tabla 16

Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo sensorial en el día 11

Fuente de variación	Apariencia general		Color		Olor		Sabor		Textura	
	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P
1 Fibra de trigo WF 101	13.78125	0.000041	30.03125	0.000001	1.12500	0.032851	2.00000	0.08026	24.50000	0.000000
2 Fibra de trigo WF 200	22.78125	0.000001	19.53125	0.000018	2.00000	0.005711	18.00000	0.000008	32.00000	0.000000
1 by 2	0.03125	0.81887	0.28125	0.5416	0.12500	0.4605	0.50000	0.3719	1.12500	0.161740

Según el análisis de varianza (Tabla 17) muestra que las variables fueron significativos, la fibra de trigo WF 101 y la fibra de trigo WF 200 para los atributos de apariencia general, color, olor, sabor y textura en el día 11 y no teniendo efecto significativo la interacción de las fibras WF 101 y WF 200 para los atributos de apariencia general, color, sabor y textura.

Estadísticamente nos dice que si hubo diferencias significativas a un valor $p < 0.05$ entre los tratamientos, en los atributos de apariencia general, color, olor, sabor y textura en el día 11 de evaluación.

4.3 Resultados de los análisis fisicoquímicos

4.3.1 Actividad de agua (A_w)

La actividad de agua (A_w), definida como la relación que existe entre la presión parcial de vapor de agua de una sustancia y la presión de vapor de agua del agua pura a la misma temperatura, es uno de los factores más críticos para determinar la calidad y seguridad de los productos que se consumen a diario, ya que afecta la vida útil, la seguridad, la textura, el sabor, y el olor de los alimentos, de esta forma el conocimiento de la actividad acuosa de cada alimento permitirá prever el comportamiento con respecto: al desarrollo de microorganismos, que se ve favorecidos con valores de a_w altos; la oxidación de lípidos que se dará a menor velocidad a bajos valores (0,2 a 0,35); el pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard que puede provocar la modificación del sabor y reducción del valor nutritivo del alimento y puede propiciarse su desarrollo máximo en un rango entre 0,5 a 0,7 de a_w ; y las reacciones enzimáticas que comienza a manifestarse a partir de los valores de 0,2 de a_w , aumentando considerablemente cuando se superan valores de 0,7 de a_w . (Garzón, et al., 2011).

A partir de los factores mencionados, se determinó la actividad de agua del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias, como se muestra en la Tabla 18, con el fin de establecer los rangos que pueden afectar en menor medida la calidad del pan.

Tabla 17
Resultados de actividad de agua durante el tiempo de almacenamiento

	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Día	Aw	Aw	Aw	Aw	Aw
1	0.935 ± 0.001	0.947 ± 0.004	0.954 ± 0.002	0.951 ± 0.002	0.949 ± 0.008
2	0.931 ± 0.003	0.935 ± 0.003	0.935 ± 0.003	0.951 ± 0.002	0.951 ± 0.007
3	0.928 ± 0.001	0.936 ± 0.002	0.948 ± 0.003	0.937 ± 0.006	0.950 ± 0.004
4	0.913 ± 0.003	0.935 ± 0.004	0.945 ± 0.002	0.932 ± 0.004	0.942 ± 0.004
5	0.916 ± 0.001	0.930 ± 0.001	0.945 ± 0.002	0.936 ± 0.004	0.943 ± 0.001
6	0.902 ± 0.004	0.925 ± 0.003	0.941 ± 0.003	0.929 ± 0.009	0.938 ± 0.002
7	0.892 ± 0.005	0.929 ± 0.003	0.940 ± 0.002	0.922 ± 0.002	0.938 ± 0.002
8	0.883 ± 0.006	0.919 ± 0.003	0.929 ± 0.002	0.922 ± 0.005	0.927 ± 0.004
9	0.880 ± 0.004	0.917 ± 0.004	0.935 ± 0.002	0.934 ± 0.002	0.928 ± 0.003
10	0.890 ± 0.005	0.916 ± 0.006	0.932 ± 0.002	0.922 ± 0.003	0.927 ± 0.002
11	0.867 ± 0.006	0.916 ± 0.003	0.938 ± 0.004	0.926 ± 0.002	0.934 ± 0.007

Nota. Resultados expresados en promedio ± Error Estándar (EE).

Aw: Actividad de agua

Los resultados se presentan en términos de promedio y desviación estándar. La actividad de agua del pan tipo hamburguesa se evaluó un día después de elaboración. En la Tabla N° 18 se muestra los resultados de la actividad de agua de los cuatro tratamientos y un tratamiento testigo, como se observa los resultados fueron similares, ya que hubo también un descenso considerable de la actividad de agua con el transcurso de los días, tratamiento 1 inició con 0.947 de Aw y terminó en 0.916, tratamiento 2 inició con 0.954 de Aw y terminó en 0.938, tratamiento 3 inició con 0.951 de Aw y terminó en 0.926 y el tratamiento 4 inició con 0.949 y termin en 0.934. Como se observa en la Tabla 18 la disminución de la actividad de agua en los cuatro tratamientos es inferior a comparación del tratamiento testigo que inició con 0.935 de Aw y terminó con 0.867), esto se debe a la capacidad de retención de agua en el proceso de pan. (Chen, Gao & Yang, 2013), además el contenido de agua se involucra en la retrogradación del almidón en el pan para prevenir el endurecimiento. (Rosell et al., 2009; Sabanis, Lebesi y Tzia, 2009).

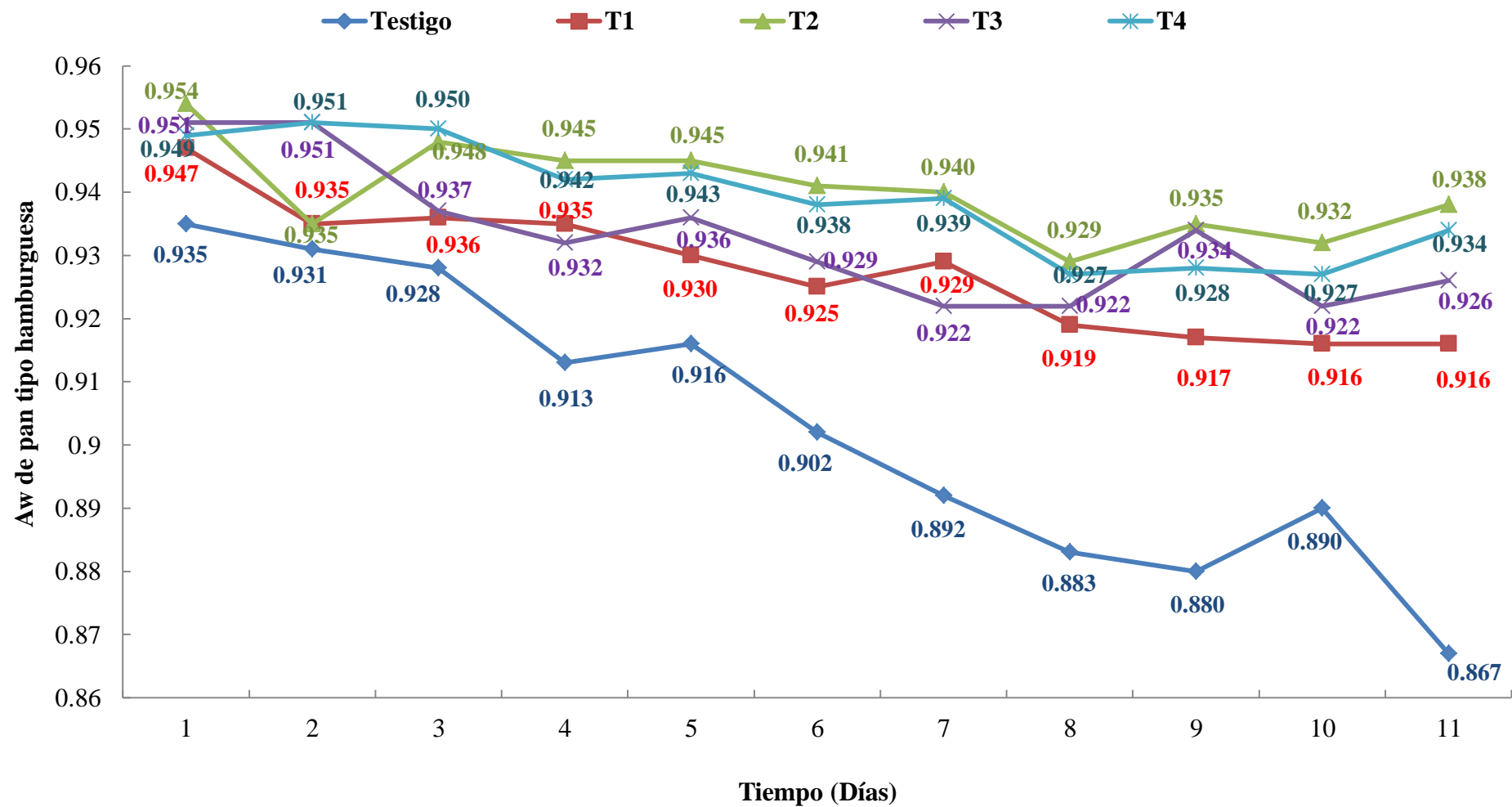


Figura 3. Actividad de agua en función del tiempo (día)

Como se observa en la figura 3 los valores de A_w fueron similares entre los tratamientos del pan tipo hamburguesa. Observándose que los valores de actividad de agua se consideran aceptables Torres y Gudiño (2008). Estableciendo que la determinación de actividad de agua es la variable más importante para la determinación de vida útil.

En tal sentido, Badui (1999), los valores de (A_w) de 0,88 – 0.93 favorecen el desarrollo de microorganismos disminuyendo de esta manera la vida útil del producto. Maldonado y García (2010), sin embargo obtuvieron una gran variabilidad en los parámetros fisicoquímicos atribuyéndose estos a la ausencia de estandarización en los procesos de elaboración. Como se observa en la figura 3 el tratamiento 1 obtuvo valores de 0.917 en el día nueve, según los valores de (Badui 1999) indican que el tratamiento 1 tuvo una vida útil de 9 días, presentando características organolépticas aceptables por el consumidor.

El tratamiento testigo obtuvo valores de 0.916 en el quinto día por lo el tratamiento testigo tuvo una vida útil de 5 días.

4.3.2 Análisis estadístico de actividad de agua del pan tipo hamburguesa

El diseño experimental genera 4 tratamientos experimentales, los cuales se muestra en la (Tabla 8), los resultados medios y la desviación estándar de las 4 combinaciones se calculan en la Tabla 18. Con fines comparativos se empleó las combinaciones de 3, 6 % de fibra de trigo y 0 % que fue el tratamiento testigo o control original. El valor del error de cada modelo se basó en tres repeticiones. Se demostró que era significativo con P valores que va desde $p < 0,05$ a $p < 0,000$. La Tabla 19 de ajuste para la actividad de agua (a_w) con la variable independiente fibra de trigo WF 101 es significativa, con un valor $p < 0.002217$. En la Tabla 19 se presenta el análisis del ANOVA para la actividad de agua.

Tabla 18

Análisis de ANOVA influencia de la fibra de trigo. En la actividad de agua durante el tiempo de almacenamiento

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo 101	0.000937	1	0.000937	10.69253	0.002217
(2)Fibra de Trigo 200	0.000115	1	0.000115	1.30799	0.259557
A by B	0.000042	1	0.000042	0.47976	0.492532
Error	0.003504	40	0.000088		
Total SS	0.004597	43			

Según el análisis de varianza (Tabla 19), muestra que la fibra de trigo WF 101 tiene efecto significativo para la actividad de agua, mientras que la fibra de trigo WF 200 y la interacción (1 y 2) no tuvieron efectos significativos para la actividad de agua.

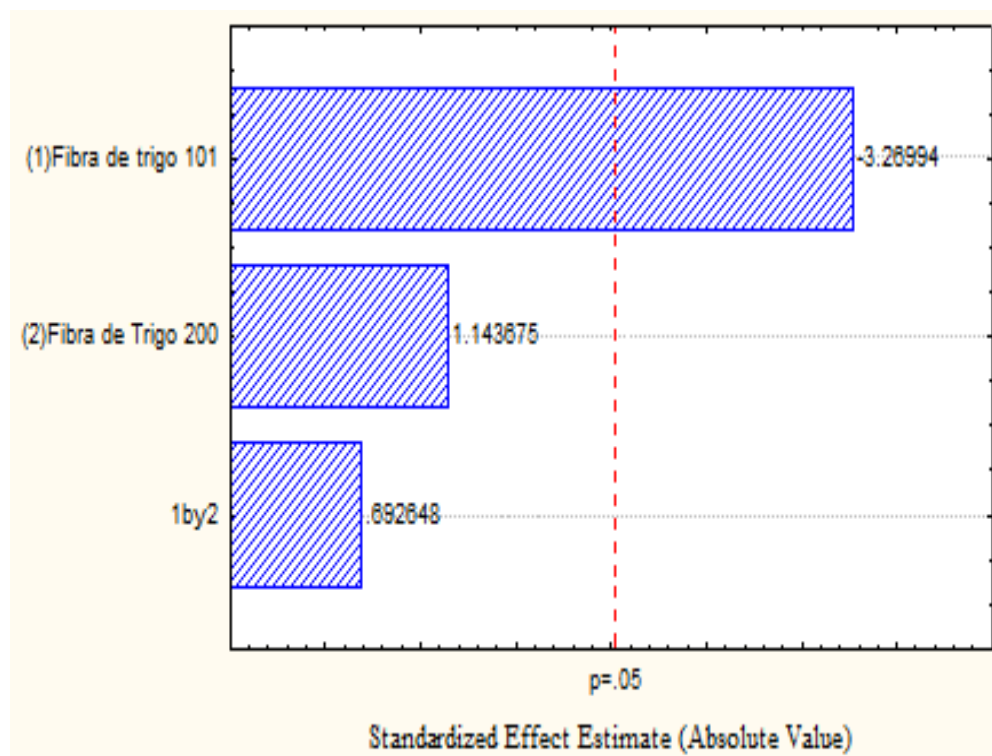


Figura 4. Gráfico de Pareto de actividad de agua del pan tipo hamburguesa

En el gráfico de Pareto (figura 4), se representa los efectos estandarizados. La longitud de cada barra es proporcional al valor del estadístico calculado para el efecto correspondiente. En nuestro caso, se puede apreciar que existe una barra más allá de la línea vertical, lo cual significa que, es estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

En la Figura 4, se muestra el gráfico de Pareto para la actividad de agua, en la cual el efecto de la fibra de trigo WF 101 (1), fue significativo a un nivel de confianza del 95 %. Por otra parte el efecto de la fibra de trigo WF 200 (2) y su interacción (1 y 2) no tuvieron efectos significativos sobre la actividad de agua.

4.3.3 Contenido de humedad.

Tabla 19

Resultados de porcentaje de humedad durante el tiempo almacenamiento.

	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Día	%H	% H	% H	% H	% H
1	34.350 ± 0.881	35.837 ± 1.581	35.267 ± 0.873	35.500 ± 0.907	35.260 ± 0.907
2	33.903 ± 0.620	33.293 ± 0.948	35.293 ± 0.948	36.500 ± 0.907	34.710 ± 0.702
3	32.213 ± 1.781	33.197 ± 1.104	35.410 ± 1.146	34.047 ± 0.369	34.727 ± 0.967
4	28.527 ± 1.845	31.643 ± 1.146	33.867 ± 0.914	29.103 ± 0.841	32.333 ± 1.972
5	28.787 ± 1.028	32.000 ± 0.366	33.497 ± 0.284	31.533 ± 1.022	32.013 ± 0.133
6	27.837 ± 0.822	30.917 ± 0.469	31.633 ± 0.930	28.780 ± 1.376	30.267 ± 0.230
7	25.113 ± 0.336	29.660 ± 0.182	31.867 ± 0.681	29.063 ± 1.138	30.700 ± 1.753
8	25.577 ± 0.781	28.923 ± 0.146	30.777 ± 0.889	29.073 ± 0.621	30.197 ± 0.509
9	24.970 ± 0.375	29.113 ± 0.446	31.337 ± 0.061	32.41 ± 0.913	30.153 ± 0.272
10	26.743 ± 0.855	29.783 ± 0.655	31.35 ± 0.115	29.123 ± 0.295	30.060 ± 0.203
11	21.677 ± 0.314	29.443 ± 0.372	33.487 ± 0.176	30.05 ± 1.234	31.323 ± 0.471

Nota. Resultados expresados en promedio ± Error Estándar (EE).

% H. porcentaje de humedad

Con relación al parámetro porcentaje de humedad, los 5 tratamientos experimentales se ajustan a los requisitos exigidos por la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, galletería y Pastelería, R.M.N°1020-2010 (MINSA, 2011: 13), en donde se establece una humedad máxima para cualquier tipo de pan de 35 %.

En la Tabla 20, se observa los datos obtenidos del % de humedad donde, uno de los factores clave que se relaciona con el envejecimiento del pan es el cambio en el contenido de humedad. El contenido de humedad inicial promedio de los panes tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias fueron de: Tratamiento 1 (35.837 ± 1.581), tratamiento 2 (35.267 ± 0.873), tratamiento 3 (35.500 ± 0.907), tratamiento 4 (35.260 ± 0.907); y el contenido de humedad inicial promedio de los panes tipo hamburguesa testigo fue de (34.350 ± 0.881). Los panes elaborados con fibra presentaron un mayor contenido de humedad, porque las fibras utilizadas proporcionaron un mayor contenido de agua en las mismas. Resultados similares, con respecto al incremento de absorción de agua. En la figura 5 se muestran los datos del contenido de humedad promedio de los panes tipo hamburguesa, para cada uno de los tratamientos. Los datos en la figura 5 muestran que durante el periodo de almacenamiento, el contenido de humedad de los panes tipo hamburguesa disminuyo con respecto al tiempo.

Jiang, Yang & Tan, (2005). En su estudio del efecto de la enzima xylanasa hipertermofílica sobre la calidad del pan y el envejecimiento durante su almacenamiento, elaboraron panes adicionados en diferentes concentraciones de la enzima, los empacaron en bolsas de polipropileno y los almacenaron a temperatura ambiente, durante 6 días, encontraron que el incremento de la firmeza de la miga es uno de los cambios más evidentes durante el almacenamiento. Este incremento está asociado con la pérdida de humedad de los productos de panificación, que aun empacados en bolsas de polipropileno, sufren pérdidas de humedad.

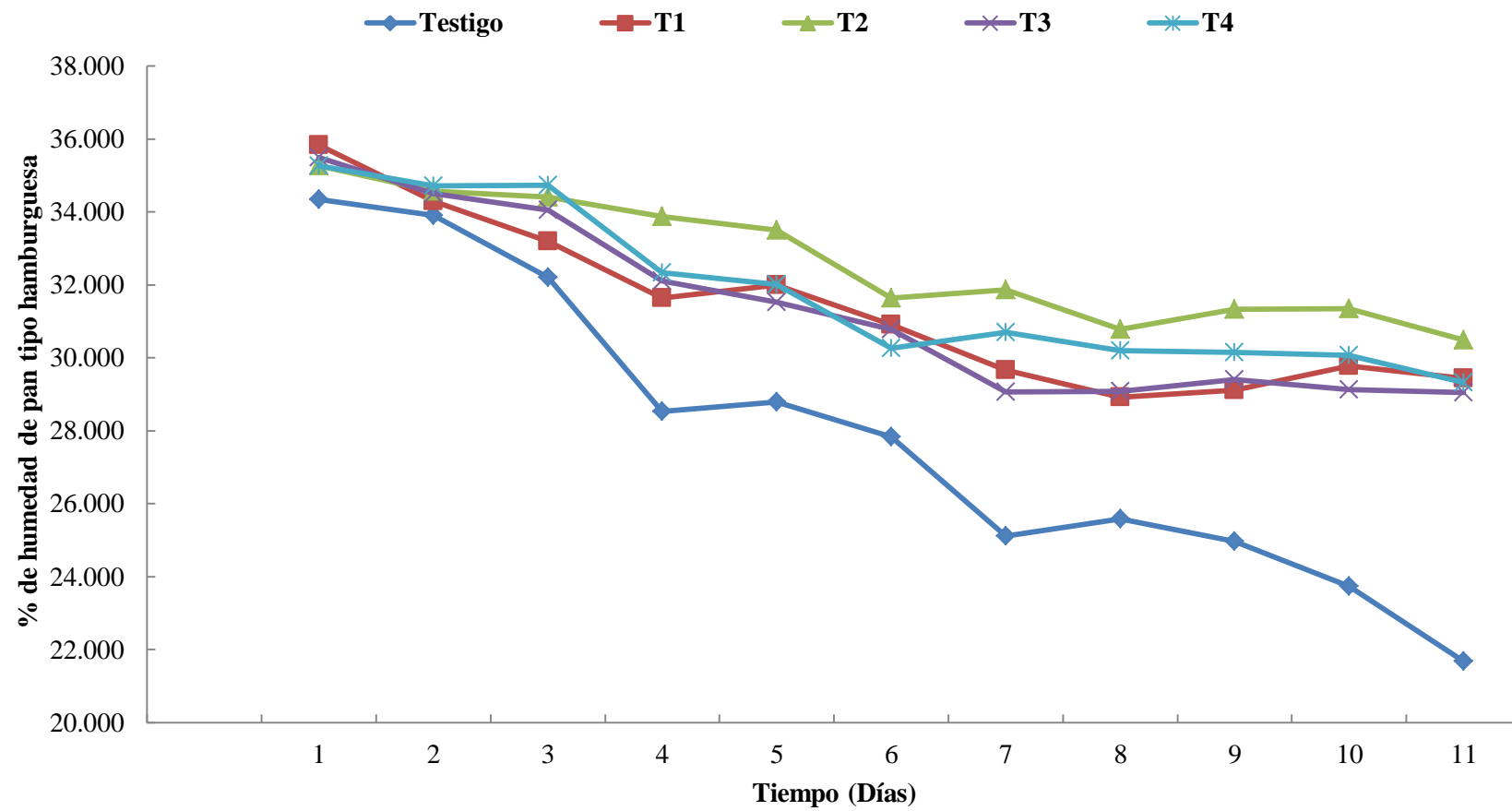


Figura 5. Porcentaje de humedad en función del tiempo (día)

Los panes elaborados con fibra presentan menores velocidades de pérdida de humedad, debido a que la fibra tiene una alta capacidad de retención de agua, gracias a esto se retarda el envejecimiento, también hay un control en la migración de humedad (Baños, 2007), Con respecto aquellos panes testigo que presentaron velocidades mayores de pérdida de humedad durante todo el tiempo de almacenamiento.

El porcentaje de humedad de los panes está en un rango de 28 a 35 %, (Montoya & Restrepo 2010), indicando que estos valores guardan estrecha relación con el contenido de humedad en el aire que los rodea.

4.3.4 Análisis estadístico del % de humedad del pan tipo hamburguesa

Los resultados del porcentaje de humedad fueron examinados en la Tabla 21. La tabla de ajuste para el porcentaje de humedad con la variable independiente fibra de trigo WF 101 es significativa, con un valor $p < 0.027275$, en la Tabla 21 se representa el análisis del ANOVA para humedad.

Tabla 20
Análisis de ANOVA de la influencia de la fibra de trigo en el porcentaje de humedad

Factor	SS	Df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo 101	22.6099	1	22.60988	5.251178	0.027275
(2)Fibra de Trigo 200	2.4634	1	2.46338	0.572125	0.453848
A by B	1.3381	1	1.33807	0.310768	0.580316
Error	172.2271	40	4.30568		
Total SS	198.6384	43			

Según el análisis de varianza (Tabla 21) muestra que la variable fibra de trigo WF 101 fue significativo para el porcentaje de humedad, mientras que la fibra de trigo WF 200 y la interacción (1 y 2) no tuvieron efectos significativos para la humedad.

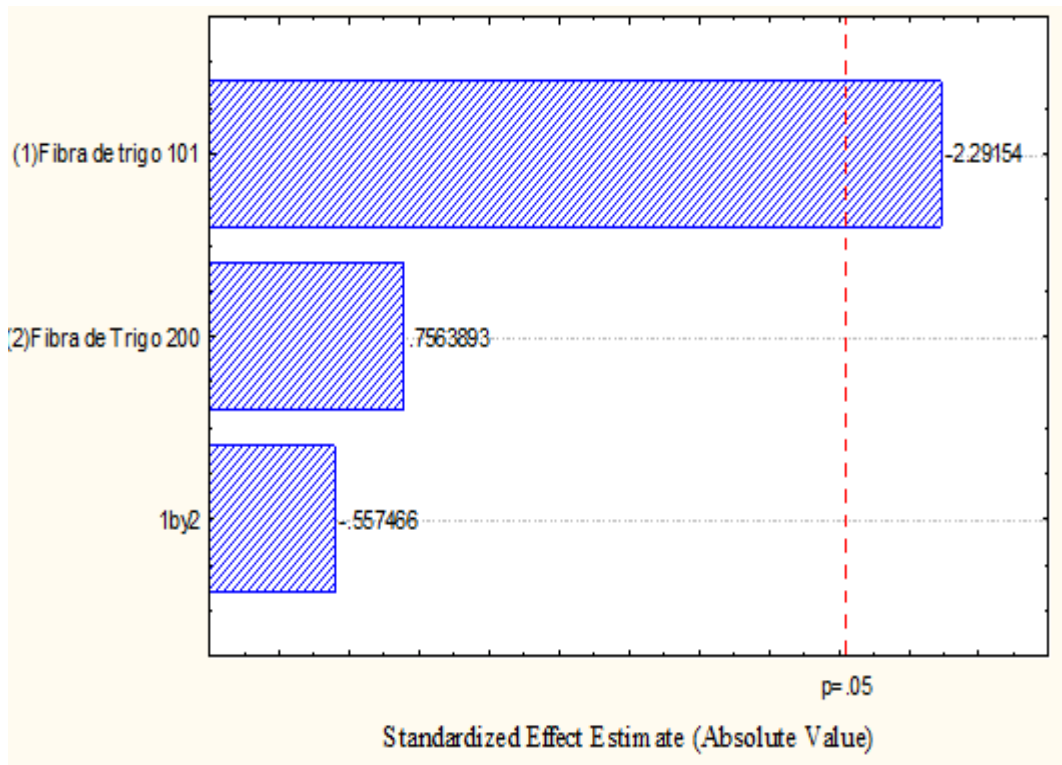


Figura 6. Gráfico de Pareto del porcentaje de humedad durante el tiempo de almacenamiento

En el gráfico de Pareto (Figura 6), se representa los efectos estandarizados. La longitud de cada barra es proporcional al valor del estadístico calculado para el efecto correspondiente. En nuestro caso, se puede apreciar que existe una barra más allá de la línea vertical, lo cual significa que, es estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

La figura N° 6 se muestra el gráfico de Pareto para el % de humedad, en la cual el efecto de la fibra de trigo WF 101(1), fue significativo a un nivel de confianza de 95 %. Por otra parte el efecto de la fibra WF 200 (2) y su interacción (1 y 2) no tuvieron efectos significativos para la humedad.

4.3.5 pH del pan tipo hamburguesa

Tabla 21

Resultados de pH durante el tiempo de almacenamiento.

	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Día	pH	pH	pH	pH	pH
1	5.520 ± 0.044	5.514 ± 0.027	5.531 ± 0.012	5.530 ± 0.024	5.525 ± 0.024
2	5.443 ± 0.025	5.477 ± 0.015	5.511 ± 0.012	5.508 ± 0.016	5.493 ± 0.014
3	5.367 ± 0.045	5.457 ± 0.031	5.450 ± 0.018	5.454 ± 0.033	5.463 ± 0.014
4	5.410 ± 0.044	5.430 ± 0.046	5.423 ± 0.027	5.451 ± 0.020	5.451 ± 0.013
5	5.400 ± 0.051	5.373 ± 0.040	5.384 ± 0.057	5.431 ± 0.044	5.442 ± 0.014
6	5.377 ± 0.045	5.384 ± 0.040	5.377 ± 0.042	5.388 ± 0.032	5.392 ± 0.040
7	5.370 ± 0.010	5.378 ± 0.028	5.385 ± 0.027	5.381 ± 0.029	5.384 ± 0.033
8	5.263 ± 0.057	5.320 ± 0.058	5.357 ± 0.028	5.373 ± 0.009	5.378 ± 0.010
9	5.203 ± 0.040	5.278 ± 0.059	5.333 ± 0.020	5.347 ± 0.017	5.364 ± 0.014
10	5.157 ± 0.031	5.259 ± 0.050	5.313 ± 0.002	5.290 ± 0.012	5.229 ± 0.002
11	5.127 ± 0.040	5.226 ± 0.030	5.304 ± 0.005	5.275 ± 0.016	5.284 ± 0.006

Nota. Resultados expresados en promedio ± Error Estándar (EE).

Los panes elaborados con fibra de trigo, WF 101 y Fibra de trigo WF 200 se ubican dentro del grupo de alimento de baja acidez o no ácidos (pH de 5,0- 6.8). En cuanto a los panes, el pH de 5,5- 5.6 coincide con lo hallado para diferentes panes.

En la Tabla 22, se muestra los resultados como se observa son similares, con el transcurso de los días se observa que hubo descenso considerable de pH del pan tipo hamburguesa, el tratamiento 1 inicio con 5.514 de pH y termino en 5.226; tratamiento 2 inicio con 5.531 de pH y termino en 5.304; tratamiento 3 inicio con 5.530 de pH y termino en 5.275 y el tratamiento 4 inicio con 5.525 de pH y termino en 5.284. Como se observa en la Figura 7 la disminución del pH en los cuatro tratamientos es inferior a comparaciones tratamiento testigo.

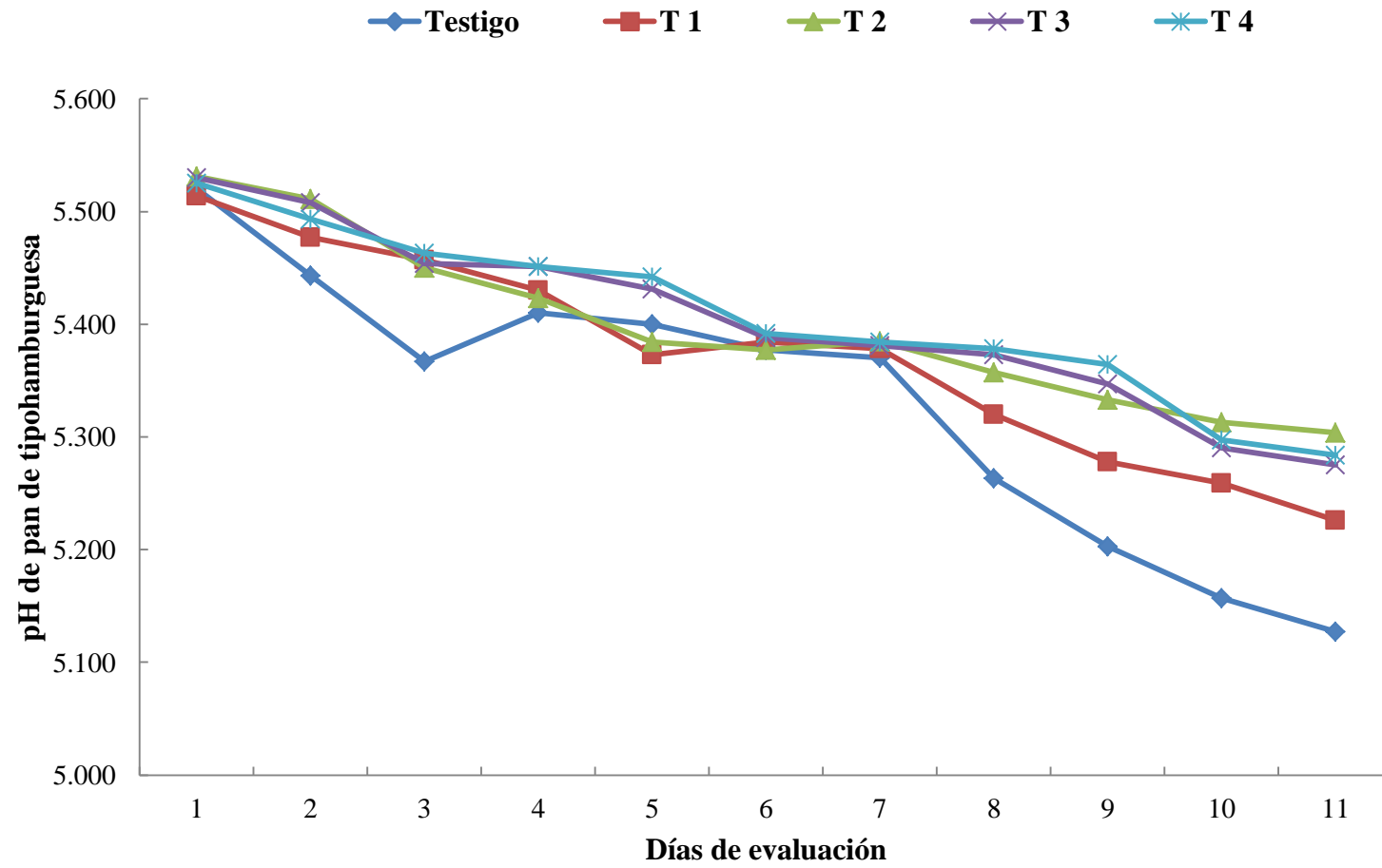


Figura 7. pH del pan tipo hamburguesa en función del tiempo (día)

4.3.6 Análisis estadístico de pH del pan tipo hamburguesa

Tabla 22
Análisis de ANOVA de la influencia de la fibra de trigo en el pH

Factor	SS	df	MS	F	P
(A)Fibra de trigo 101	0.000135	1	0.000135	0.021395	0.884443
(B)Fibra de trigo 200	0.000000	1	0.000000	0.000032	0.995481
A by B	0.003765	1	0.003765	0.597743	0.443986
Error	0.251931	40	0.006298		
Total SS	0.255831	43			

El análisis de varianza de pH del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias se muestran en la Tabla 23. Todos los efectos e interacciones presentaron una probabilidad mayor que 0.05 es decir no presentaron significancia estadísticamente.

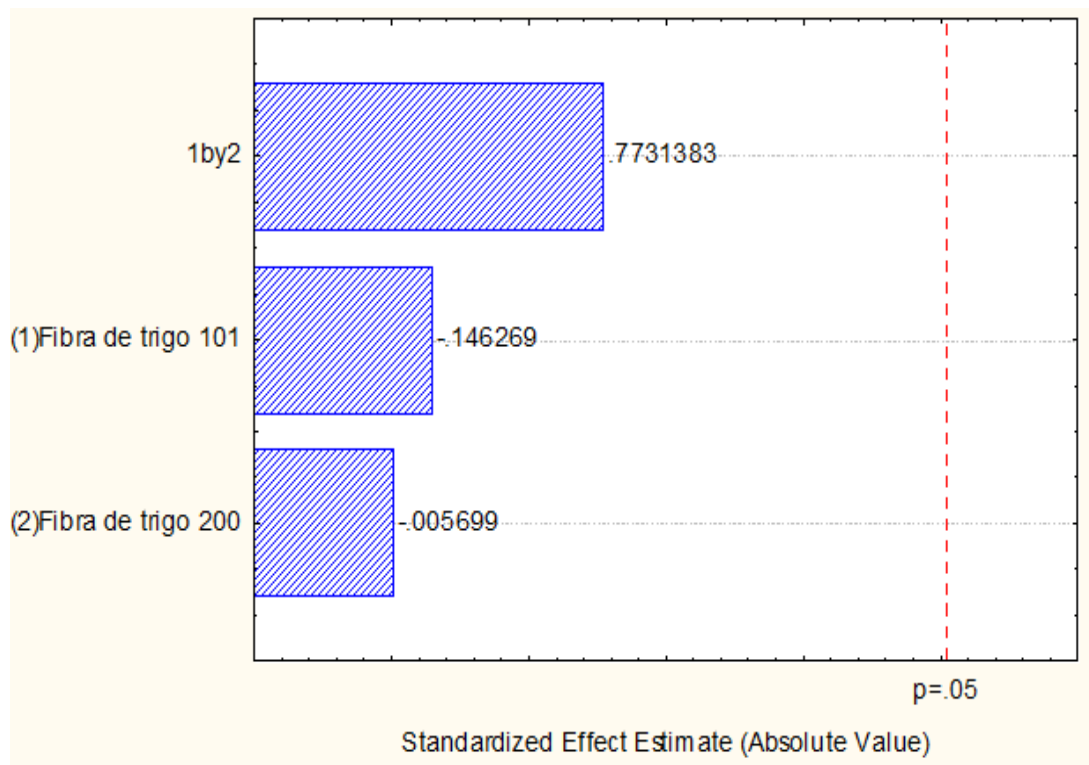


Figura 8. Gráfico de Pareto de pH durante el tiempo de almacenamiento.

4.3.7 Peso promedio del pan tipo hamburguesa.

Tabla 23
Resultado de peso promedio durante el tiempo de almacenamiento.

Día	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
1	56.2370 ± 0.7393	57.0116 ± 0.6463	57.0450 ± 0.1298	57.2533 ± 0.2891	56.9180 ± 0.3556
2	56.0513 ± 0.5104	56.9933 ± 0.0627	56.2300 ± 0.0957	56.8460 ± 0.0715	56.6997 ± 0.3185
3	55.4433 ± 0.5427	56.8817 ± 0.1700	55.8863 ± 0.0657	56.1327 ± 0.3494	56.2304 ± 0.0953
4	55.5597 ± 0.5773	56.4463 ± 0.4306	55.8157 ± 0.2190	55.9330 ± 0.2327	56.0905 ± 0.0512
5	55.4843 ± 0.4193	56.5960 ± 0.2957	55.5937 ± 0.1522	55.6913 ± 0.0956	55.8590 ± 0.1597
6	55.2313 ± 0.4782	56.4797 ± 0.3154	55.5330 ± 0.0518	55.5194 ± 0.1084	55.7587 ± 0.1124
7	55.0670 ± 0.4954	56.4733 ± 0.4716	55.3864 ± 0.1033	55.4014 ± 0.0824	55.5351 ± 0.1900
8	54.6443 ± 0.0756	56.2244 ± 0.3736	55.3730 ± 0.0329	55.2707 ± 0.0930	55.4517 ± 0.1380
9	54.6443 ± 0.7212	55.9321 ± 0.2298	55.0787 ± 0.3591	55.2238 ± 0.935	55.3277 ± 0.1090
10	54.4230 ± 0.2017	55.3986 ± 0.4957	54.9753 ± 0.3649	54.8121 ± 0.3174	54.7582 ± 0.1111
11	54.2509 ± 0.2771	54.8571 ± 0.4217	54.6440 ± 0.3880	54.5581 ± 0.2053	54.4873 ± 0.1574

Nota. Resultados expresados en promedio ± Error Estándar (EE)

Los valores de pérdida de peso se determinaron mediante la utilización de una balanza, tomando las muestras todos los días durante el transcurso de 11 días de almacenamiento.

Los valores se presentan con sus respectivas replicas en la Tabla 24, de estos valores obtenemos los promedios, y a partir de los promedios calcularemos la pérdida de peso de cada uno de los tratamientos y del tratamiento testigo para la conservación de los panes tipo hamburguesa.

En la Tabla 24, se muestran los resultados de peso expresado en gramos, observándose un incremento de peso en relación al incremento del porcentaje de fibra de trigo WF 101 y WF 200. Es así que conforme aumenta el porcentaje de fibra aumenta el peso tal como se observa en los cuatro tratamientos, donde se obtuvo un mayor peso (57.25 g), esto es debido a la capacidad de retención de agua de la fibra de trigo. (Baños, 2007).

Con un peso inicial aproximado de 70 g por cada pan, la pérdida de humedad por la cocción es de 13 %, siendo el peso final promedio de 57 g. también se observa que a medida del transcurso de los días el peso de los panes tiende a una disminución.

La pérdida de peso (expresado en gramos) vs. Tiempo de almacenamiento de los panes tipo hamburguesa, almacenados a temperatura ambiente de los cuatro tratamientos y un tratamiento testigo.

Baños (2009), afirma que las fibras son retenedoras de agua, por tanto tienen una influencia significativa en la pérdida de peso en panes, esto concuerda con los resultados de la investigación puesto que tanto el comportamiento de la pérdida de humedad como la pérdida peso aumentan (modelo lineal), es decir tienen una relación directamente proporcional, por otra parte aunque estadísticamente no existen diferencias significativas $P > 0.05$ respecto al peso en la figura 9 se puede observar claramente la tendencia a disminuir.

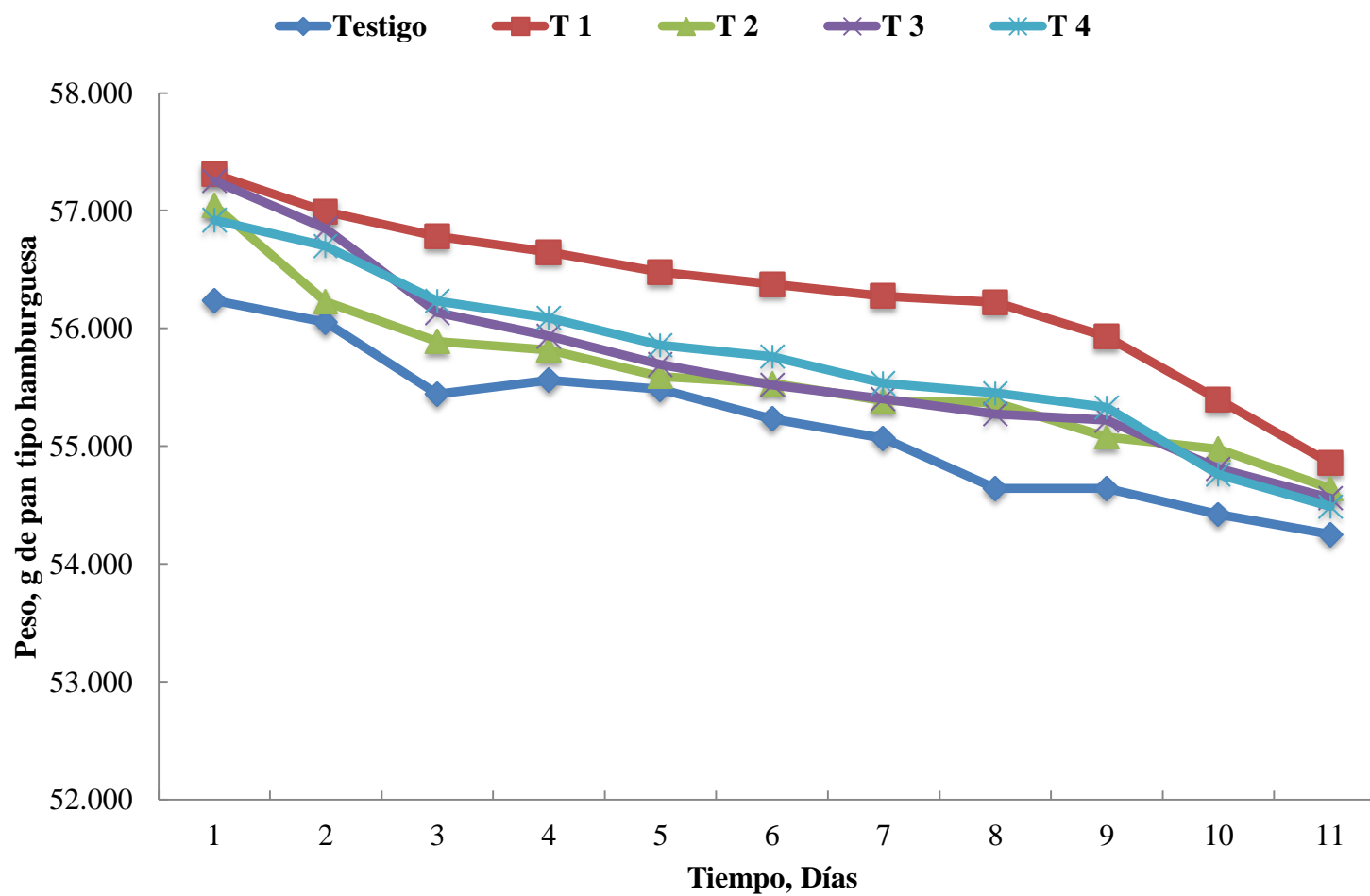


Figura 9. Peso promedio (g) de pan tipo hamburguesa en función del tiempo (día)

En la figura 9 se muestra los resultados de la pérdida de peso del pan tipo hamburguesa elaborado con diferentes porcentajes de fibra de trigo. La figura 9 muestra que durante el periodo de almacenamiento el peso de los panes disminuyó con respecto al tiempo.

En el tratamiento testigo la pérdida de peso resultó importante a partir de las 24 horas de almacenamiento como se observa en la figura 9, a comparación de las demás muestras (que contienen fibra de trigo) la pérdida de peso fue mayor, un comportamiento similar fue observado por Witting, Avendaño, Soto & Bungler, (2003). que estudiaron la vida útil de bizcochuelos enriquecidos con fibra dietética y otros ingredientes almacenados en envases de polipropileno, durante 13 días en condiciones ambientales (25°C, 55-60 % HR), encontrando variaciones mínimas de peso, (la variación del peso máxima que encontraron fue de 0.04 % del día 14 al 19 de almacenamiento).

Los cambios en el peso de los productos de panificación durante el almacenamiento son consecuencia de la distribución del agua dentro del producto, así como la pérdida de agua por la evaporación al ambiente, esto ocurre en diferentes velocidades dependiendo de las condiciones de almacenamiento del producto Primo, Pijpekamp, Jongh, Plijter, & Hamer, (2006). Las velocidades de pérdida de peso de los cuatro tratamientos, se mantienen prácticamente constantes en todo el periodo de almacenamiento, siendo ligeramente la velocidad de pérdida de peso de los panes tipo hamburguesa, a comparación de la prueba testigo la pérdida de peso es mayor durante el almacenamiento.

4.3.8 Análisis estadístico de peso (g) del pan tipo hamburguesa

Tabla 24
Análisis de ANOVA de la influencia de la fibra de trigo en el peso promedio (g)

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo 101	1.19741	1	1.197405	2.288346	0.138210
(2)Fibra de Trigo 200	1.53098	1	1.530979	2.925835	0.094919
A by B	0.59046	1	0.590464	1.128429	0.294482
Error	20.93049	40	0.523262		
Total SS	24.24933	43			

Los resultados de peso promedio del pan tipo hamburguesa fueron examinados en la Tabla 25, según los resultados la influencia de la fibra de trigo es insignificante, con un valor $p > 0.138210$.

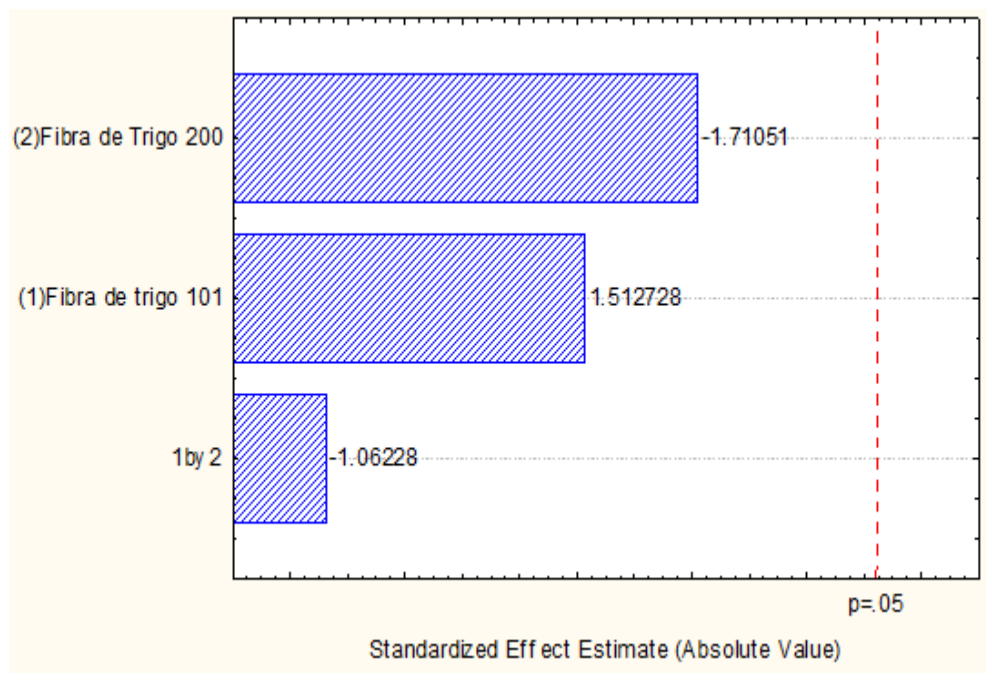


Figura 10. Gráfico de Pareto de peso (g) del pan tipo hamburguesa

En el gráfico de Pareto (Figura 10), se representa los efectos estandarizados. La longitud de cada barra es proporcional al valor del estadístico calculado para el efecto

correspondiente. En nuestro caso, se puede apreciar que las tres barras no sobrepasan más allá de la línea vertical, lo cual significa que, estadísticamente no son significativos.

La (Figura 10) presenta la respuesta de peso promedio, indicando que la influencia de la fibra de trigo WF 101, la fibra de trigo WF 200 y la interacción (1 y 2) no tiene efectos significativos para el peso del pan tipo hamburguesa.

4.4 Análisis Microbiológico

Ashbolt (2001), menciona que la calidad microbiológica de los alimentos es fundamental, porque influye en su conservación y vida en anaquel, y sobre todo, porque los microorganismos presentes en ellos pueden ser causantes de enfermedades.

Como se muestra en la Tabla 26, el deterioro microbiológico, en particular el crecimiento de mohos es el principal factor limitante de la conservación.

Tabla 25

Resultados de Análisis microbiológico (Mohos y levaduras ufc/g)

Tratamientos	Resultados de Análisis microbiológico (Mohos y Levaduras)			
	Día 1	Día 5	Día 8	Día 11
	Testigo	6 ufc/g	46 ufc/g	56 ufc/g
Tratamiento 1	4 ufc/g	12 ufc/g	22 ufc/g	32 ufc/g
Tratamiento 2	5 ufc/g	48 ufc/g	51 ufc/g	93 ufc/g
Tratamiento 3	5 ufc/g	82 ufc/g	91 ufc/g	100 ufc/g
Tratamiento 4	5 ufc/g	46 ufc/g	48 ufc/g	63 ufc/g

4.4.1 Análisis estadístico de Mohos y levaduras del pan tipo hamburguesa

Tabla 26

Análisis de ANOVA de la influencia de la fibra de trigo en el análisis microbiológico ufc/g

	SS	Df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo 101	0.2500	1	0.25000	0.010084	0.921670
(2)Fibra de Trigo 200	4.0000	1	4.00000	0.161345	0.694983
1 by 2	4.0000	1	4.00000	0.161345	0.694983
Error	297.5000	12	24.79167		
Total SS	305.7500	15			

Según el análisis de varianza (Tabla 27), muestra que todos los efectos e interacciones presentaron una probabilidad mayor que 0.05 es decir estadísticamente no son significantes.

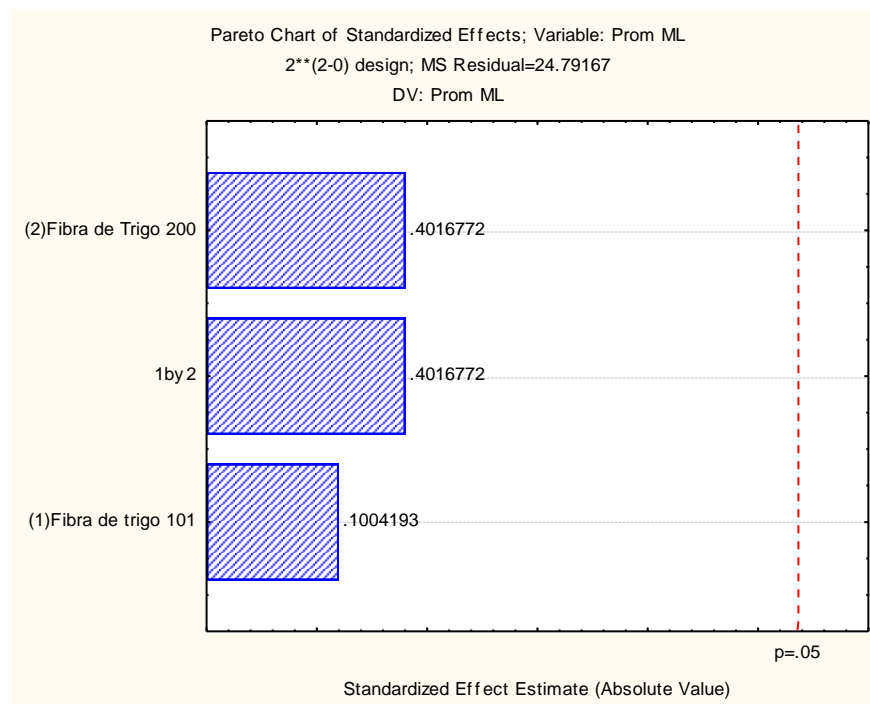


Figura 11. Gráfico de Pareto del análisis microbiológico de pan tipo hamburguesa

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados y las condiciones del presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- Se logró elaborar el pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias (fibra de trigo WF 101 y WF 200). Cuyas características se mantuvieron durante el periodo de almacenamiento.
- En conclusión la vida útil del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias evaluado fue de 9 días tiempo considerado estable para su comercialización, donde conservara sus características fisicoquímicas.
- El producto final demostró tener un buen agrado de aceptabilidad dentro del panel de personas que lo evaluaron sensorialmente.

5.2 Recomendaciones

Una vez concluida la tesis se considera importante investigar sobre otros aspectos que conlleva la elaboración y evaluación de vida útil y se propone:

- Utilizar la fibra de trigo (WF 101 y WF 200) en otros tipos de panes.
- Medir la textura del pan tipo hamburguesa con el instrumento texturómetro
- Realizar un estudio para determinar el tipo de empaque adecuado para el pan tipo Hamburguesa.
- Evaluar la calidad nutritiva del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias.

CAPITULO VI

REFERENCIAS

- AACC. (200AD). Approved methods of the AACC. *American Association of Cereal Chemists, 10, 2.*
- American Association of Cereal Chemists. (2001). The definition of dietary fiber. Report of the dietary fiber definition committee to the board of directors of the American Association of cereal chemists. *Cereal foods world, 46, 112 – 126.*
- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2012). *Approved methods of the association of cereal chemists AACC. St. Paul (21 st ed.). U.S.A. The Ass.*
- Andrade, M. (2006). Evaluación de la calidad de harinas de trigo comerciales y nativas. Instituto Tecnológico de Sonora.
- Appleton, K., & Best, R. (2013). The consumption of protein-rich foods in older adults: An exploratory focus group study. *Journal of Nutrition Education and behavior, 45(6), 751 – 755. <http://doi.org/10.1016/j.jneb.2013.03.008>*
- Armero, E. & Collar, C. (1996). Physico-chemical mechanisms of bread staling during storage: formulated doughs as a technological issue for improvement of bread functionality and keeping quality. *Recent Research developments in Nutrition Research, 1: 115-143.*
- Ashouri, A., George, T., Hobbs, D., Lovegrove, J., & Methven, L. (2014). The consumer acceptance of novel vegetable-enriched bread products as a potential vehicle to increase vegetable consumption. *Food Research International, 58, 15-22. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.038>.*
- Badui, D. (2006). Química de alimentos. Cuarta edición. Pearson educación. México.

- Baños, B. (2007). Caracterización Reológica de Masas de Harina de Trigo Adicionadas con Fibra Soluble. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hidalgo. México.*
- Baquero C, Bermúdez A. (1998). Los residuos vegetales de la industria de jugo de maracuyá como fuente de fibra dietética. En temas de tecnología de alimentos.
- Baranzini, L. R. & Duarte, P. R. (2008). Fibra a base de frutas, vegetales y cereales: función de salud. *Revista Mexicana de Agronegocios*, (023), 613-621
- Barrionuevo, M. (2011). Elaboración y evaluación sensorial nutricional de galletas con cebada y frutilla deshidratada. Ecuador.
- Bemiller, J. N. & Gray, J.A. (2003). Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2:1-21.
- Bennion B. (1970). Fabricación del pan. Edit. Acribia – Zaragoza. España. 4ta. Edición.
- Besada, C. (2009). Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados.
- Best, R. L., & Appleton, K. M. (2013). The consumption of protein-rich foods in older adult: An exploratory focus group study. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 45 (6), 751-755. <http://doi.org/10.1016/j.jneb.2013.03.008>
- Biswas, M., Bovell, A., Gichuhi, P., & Hathorn, C. (2008). Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers. *LWT – Food Science and Technology*, 41(5), 803-815. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.06.020>
- Burkitt, D. P., Painter, N. S., & Walker, A. R. (1972). Effect of dietary fiber on stools and transit-times and its role in the causation of disease. *Lancet*. 2, 1048 – 1412

- Brites, C., Collar, C., Gómez, P. M., Haros, M., León, A. E., Rosell, C. M., & Trigo, M. J. (2007). *De tales harinas, tales panes. granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*.
- Cabezas, A. (2010). Elaboración y evaluación nutricional de galletas con quinua y guayaba deshidratada. Ecuador.
- Calaveras, J. (1996). *Tratado de panificación y Bollería*. (V. A. Madrid, Ed.) (1st ed). Madrid: Mundi – Prensa.
- Calderón, S., Curia, A., Fuenzalida, R., Hough, G., López, L., & Witting De Penna, E. (2005). Un estudio transcultural de yogurt batido de fresa: aceptabilidad con consumidores versus calidad sensorial con paneles entrenados.
- Cárdenas Moreno, L. A. (2013). Levantamiento de información para la acreditación ISO 17025 del laboratorio de bromatología de la fimcp en el parámetro humedad.
- Cauvain, S. P., Stanley, P., & Young, L. S. (2007). *Technology of bread making*. Second edition. Springer Science+Business Media. New York. E.E.U.U.
- Cauvain, S., & Young, L. (2006). *Productos de panadería: Ciencia, Tecnología y Práctica*. Editorial Acribia, SA. Zaragoza-España.
- Cediel, A. & Mateos, I., (2008). *Aprovechamiento de subproductos de leguminosas para la obtención de productos funcionales: comparación de metodologías para la caracterización de la fibra alimentaria* (Doctoral dissertation, Tesis doctoral. Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, Departamento de nutrición y Bromatología. [En línea] <http://eprints.ucm.es/8175/1>)
- Chapelle, M. C. (2007). Servicio de información agropecuaria del ministerio de agricultura y ganadería del Ecuador.

- Chau, A. V. (2003). *Utilización del método escalonado y la distribución de Weibull para la determinación de la vida en anaquel del chorizo parrillero* (Nº. J13 C35-T). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima (Perú). Escuela de Post- grado. Esp. En Tecnología de Alimentos.
- Cho, S., Prosky, L. & Dreher, M. L. (1999). *Complex Carbohydrates in foods*. Marcel Dekker, New York.
- Córdoba, A. (2005). *Caracterización de propiedades relacionadas con la textura de suspensiones de fibras alimentarias. Valencia. España. Universidad politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de Alimentos. 152p.*
- Cordón, J. (2007). *Determinación acelerada de la vida en anaquel de la rosquilla hondureña.*
- Cruz, M. (2002). *Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cascara de maracuyá (Pasiflora edulis). [Tesis para obtener el grado de Ingeniero Químico]. México.*
- Córdoba, A. (2005). *Caracterización de propiedades relacionadas con la textura de suspensiones de fibras alimentarias. [Tesis de Doctorado]. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia.*
- Cozzolino, F., Danza, A., Del Nobile, M., Lampignano, V., Laverse, J., Lecce, L., & Mastromatteo, M., (2014). *Processing and characterization of durum wheat bread enriched with antioxidant from yellow pepper flour. LWT /-Food Science and Technology, 59(1), 479-485. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.001>.*
- De La Cruz, W. H. (2009). *Complementación proteica de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima – Perú.*

- Elias L, Jeffery L, Ylimaki g, & Watts B. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de los alimentos.
- Fiszman, S. & Hough, g. (2005). Estimación de la vida útil sensorial de alimentos. Programa CYTED. Madrid- España.
- FAO. Food and Agriculture Organization (2013). Disponible en <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab489s/AB489S03.htm>.
- FDA Food and Drug Administration (2008). Fiber health claims that meet significant scientific agreement. <http://www.cfsan.fda.gov/dms/labssa.html>. Acceso en abril 2008.
- García, R. D., & Pérez, A. P. (2013). Evaluación del comportamiento reológico de dos muestra de harina de trigo (*Triticum aestivum L*) adicionada con mezcla de fibras comerciales. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Gácula, M. (1975). Statistical Methods for Shelf Life Failures. Journal of food Science. N°40: 404.
- Garzón, A. g., Acosta, M. V., Cardona, J. M., Hurtado, A. A., Rodríguez, C. D., Taborda, N. C., & Mejía, C. V. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con alto valor nutricional a partir de la harina obtenida del banano verde con cáscara: una nueva opción para el aprovechamiento de residuos de la industria de exportación1. *Producción Más Limpia*, 6(1)
- Geovanny, H., Padilla, F., Priscila, J., & Vera, J. (2010). Estudio de vida útil del pan de molde blanco.
- González, N. E. (2007). Elaboración de galletas con harinas de bagazo de naranja.

- Gimeno, M. T. (2013). *Mejora de las características tecnológicas y de los perfiles sensorial y nutricional de un producto de panificación mediante la formulación con aceite de oliva virgen*. Universidad de Lleida.
- Gutiérrez, P. H. & De la Vara, S. R. (2004). Análisis y diseño de experimentos.
- Gualdron, J. A., & Gonzáles, R. E. (2013). Evaluación de un yogur con características simbióticas y su efecto sobre la vida útil del producto. *Microbiología tropical*, 3(1).
- Grosso, S. G. (2002). Criterios relativos al análisis sensorial de miles departamentos de química.
- Hernández J. (2012). Formulación y evaluación de panes para celíacos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p 16-18.
- Hernando D. (2012). Evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sorbico habituales. Universidad de Valladolid.
- Hispley, E. H. (1953). Dietary “fibre” and pregnancy toxemia. *British Medical Journal*. 2, 420 – 422.
- Hobbs, D. A., Ashouri, A., George, T. W., Lovegrove, J. A., & Methven, L. (2014). The consumer acceptance of novel vegetable-enriched bread products as a potential vehicle to increase vegetable consumption. *Food Research International*, 58, 15-22. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.038>.
- Hough, g. (2003). Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. In: *Journal of Food Science*. Vol. 68.
- Huerta, V. & Torricella, R. (2008). Análisis sensorial aplicado a la restauración. Instituto culinario de México. Editorial universitaria.

- IOM. Institute of Medicine (2002). Dietary reference intakes: energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Macronutrient Report.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). (2006). Harina de trigo: Requisitos., N.T.P. N°616. Quito-Ecuador. Pp. 1 – 4.
- Jiang, Z., Yang, S., & Tan, S. (2005). Improvement of the breadmaking quality of wheat flour by the hyperthermophilic xylanase B from *Thermotoga maritima*. *Food research international*, 38(1), 37-43.
- Jiménez, M. T. & Salgado, A. (2012). Métodos de control de crecimiento microbiano en el pan. Departamento de Ingeniería Química.
- Karen, L., Moran, K. M., & Navarrete, S. (2015). Efecto de la goma Xanthan y la hidroxipropilmetilcelulosa en las características físicas y reológicas del pan de arroz libre de gluten tipo molde.
- Kulp, K. & Zobel, H. F. (1996). The staling mechanism. En: Hebeda R.E., Zobel H. F., editores. Baked goods freshness. Technology, evaluation and inhibition of staling. New York: Marcel Decker Inc. Pag. 1-64
- Krummenacher R, Pereira N, Rivera M, Sanchez J. (2012). guía para determinar la vida útil en anaquel. Disponibilidad libre en www.pymerural.org.
- Lajolo M., Saura C., Witing P., & Wenzel M. (2001). Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos.
- Lezcano E. (2011). Productos panificados. Alimentos Argentinos – MinAgri. Disponibilidad libre en www.alimentosargentinos.gob.ar.

- Lucero, O. (2011). Técnicas de laboratorio de bromatología y análisis de alimentos – Resumen de la cátedra de bromatología.
- Meyer, D. & Tunglad, B. (2000). Nodigestible oligo- and polysaccharides (Dietary fiber): Their physiology and role in human health and food.
- MINSA. Ministerio de salud (2011). Dirección general de Salud Ambiental. Norma Sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería. R. M. N° 1020-2010/MINSA. Lima-Perú.
- NORMA TÉCNICA PERUANA (1988). Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación, disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- NORMA TECNICA PERUANA (1975) No 247-SSA1. Productos servicios de productos de panificación.
- Nutrinews. (2001). Fibras: Necesarias para vivir bien, <http://www.nutrinews.com.br/edicoes/Mat03ED183Fibras.html.consultado> en septiembre 2006.
- Pascual, M. & Calderón, V. (2000). Microbiología alimentaria. 2° edición. Madrid –España.
- Peruano, E. (2012). Consumo de pan aumentaría 3 %. *Diario El Peruano*. Lima.
- Pérez, M., & Pozuelo, J. (2006) Repostería: hostelería y turismo, Madrid-España.
- Piscoya, M. C. (2007). Formulación, elaboración y prueba de aceptabilidad de pan francés fortificado con calcio en 2 concentraciones diferentes. UNMSM Lima – Perú.
- Pulido, H. g., De la Vara Salazar, R., gonzález, P. g., Martínez, C. T., & Pérez, M. D. C. T. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. McgrAw-Hill Interamericana.

- Primo-Martin, C., Van de Pijpekamp, A., Van Vliet, T., De Jongh, H. H. J., Plijter, J. J., & Hamer, R. J. (2006). The role of the gluten network in the crispness of bread crust. *Journal of Cereal Science*, 43(3), 342-352
- Quezada, N. (2011). Clasificación de la calidad sensorial de pan tipo hallulla mediante visión computacional.
- Quintong A, Tenesaca J. (2013). Análisis de la retrogradación del pan molde blanco mediante métodos experimentales convencionales y análisis térmico. Escuela Superior Politécnica del Litoral. guayaquil – Ecuador.
- Ramírez, P. (2010). Entrenamiento del panel sensorial de la compañía de galletas Noel S. A. en pruebas discriminativas y descriptivas.
- Rettenmaier & Söhne, (2015). Ficha técnica de fibras de trigo WF 101 Y WF 200. Alemania.
- Ruiz, J. (1997). Problemas de laboratorio químico y farmacéutico., Madrid – España. p, 194 - 198.
- Saavedra C. (2005). Formulación, elaboración y evaluación sensorial de helados para diabéticos. (Tesis de ingeniero en industrias alimentarias). Lima. Universidad Nacional Agraria la Molina. 198pp. Formato doc.
- Serna R. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AgT Editor, S.A. México.
- Soto E, & Vilcapoma D. (2012). Evaluación de vida útil en anaquel de tres variedades de maíz (*Zea Mays L.*) nativo tostado y envasado en tres tipos de envases.
- Subramaniam, P. (1998). Accelerated Shelf-life testing. S. n: The manufacturing Confectioner.

- Schroth, A. (2015). Un hogar peruano compra pan envasado 8 veces al año. *La Republica-Economia*. Lima.
- Tejeros, F. (2008). Panadería y bollería: Mecanización y calidad. Montagud Editores S. A.
- Varela, P., & Ares, g. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893–908.
<http://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.037>
- Waszczynskyj N., Wille gMFC, Protzek EC, de Freitas RJS, Penteado PTPS. (2001). Tecnología para obtencao de fibras alimentares a partir de materias primas regionais. Experiencia do Brasil. En: Lajolo FM, Saura-Calixto F, Penna EW., Menezes EW, editores. Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. 1 ed. Sao Paulo: Livraria Valera. Pag 237-243.
- Witting De Penna, E. (1998). Evaluación sensorial. Santiago de Chile-Chile, USACA.
- Wittig de Penna, E., Avendaño, P., Soto, D., & Bunger, A. (2003). Caracterización química y sensorial de biscochuelos enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el anciano. *Archivos latinoamericanos de nutricion*, 53(1), 74-83.

ANEXOS

ANEXO 1. Ficha de evaluación sensorial

Evaluación Sensorial de Pan Tipo Hamburguesa Elaborado con Fibras Alimentarias					
Nombres y Apellidos.....					
Fecha:.....					
Pruebe las muestras en el orden que se le dan, e indique su nivel de agrado en cada muestra.					
Escriba el puntaje en la escala que mejor describe su sentir con el código de la muestra.					
9 Me gusta muchísimo 8 Me gusta mucho 7 Me gusta moderadamente 6 Me gusta poco 5 No me gusta, ni me disgusta 4 Me disgusta poco 3 Me disgusta moderadamente 2 Me disgusta mucho 1 Me disgusta muchísimo					
Coloque el puntaje según su agrado					
Evaluación Sensorial de Pan tipo Hamburguesa Elaborado con Fibras Alimentarias	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Apariencia general					
Color					
Olor					
Sabor					
Textura					
<i>Gracias por su colaboración...</i>					

ANEXO 2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DÍA 1

A. Resultados de apariencia general día 1

Tabla del análisis de varianza de apariencia general

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo WF 101	3.12500	1	3.125000	7.000000	0.013219
(2)Fibra de trigo WF 200	0.12500	1	0.125000	0.280000	0.600872
1 by 2	3.12500	1	3.125000	7.000000	0.013219
Error	12.50000	28	0.446429		
Total SS	18.87500	31			

Los resultados del ANOVA de la apariencia general revelan que las variables independientes (fibra de trigo WF 101 y 200) son los que influyen significativamente con un promedio de $p < 0.013219$.

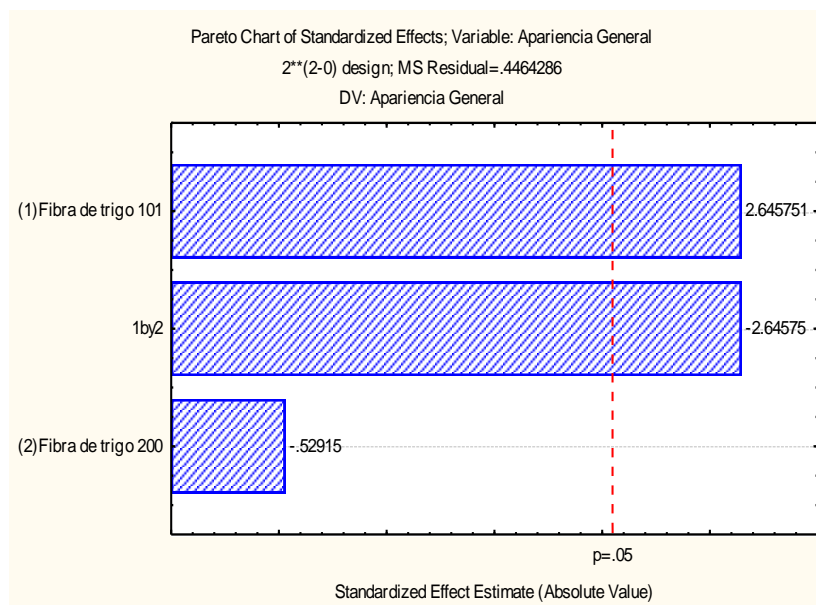


Gráfico de Pareto apariencia general del pan tipo hamburguesa

El gráfico de Pareto para la aceptación general, en la cual el efecto Fibra de trigo WF 101 (1) y la interacción (1 y 2) son significativos para el atributo de apariencia general a un

nivel de confianza del 95 %. El efecto de fibra de trigo WF 200 (2) no tuvo efecto significativo sobre la apariencia general.

B. Resultados del color día 1

Tabla del análisis de varianza del color

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo 101	1.12500	1	1.125000	1.615385	0.214195
(2)Fibra de trigo 200	1.12500	1	1.125000	1.615385	0.214195
1 by 2	1.12500	1	1.125000	1.615385	0.214195
Error	19.50000	28	0.696429		
Total SS	22.87500	31			

Los resultados del ANOVA del color revelan que la variable independiente (fibra de trigo WF 101 Y 200) son insignificantes con un valor $p > 0.214195$

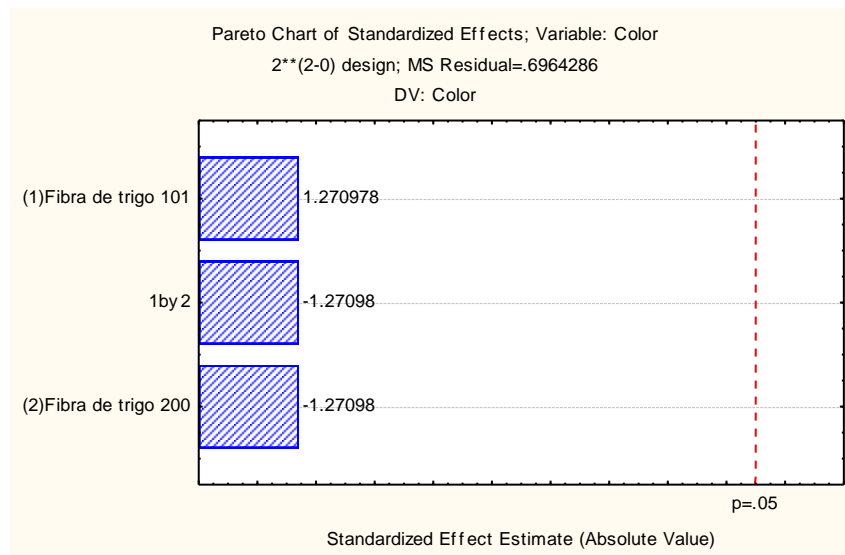


Gráfico de color del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias

El gráfico de Pareto para el atributo de color, en la cual se observa que los efectos de fibra de trigo WF 101 (1), Fibra de trigo WF 200 (2) y la interacción (1 y 2) no tuvieron efectos significativos sobre el color del pan tipo hamburguesa.

C. Resultados del olor día 1

Tabla del análisis de varianza del olor

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo 101	3.12500	1	3.125000	12.06897	0.001686
(2)Fibra de trigo 200	0.50000	1	0.500000	1.93103	0.175597
1 by 2	1.12500	1	1.125000	4.34483	0.046362
Error	7.25000	28	0.258929		
Total SS	12.00000	31			

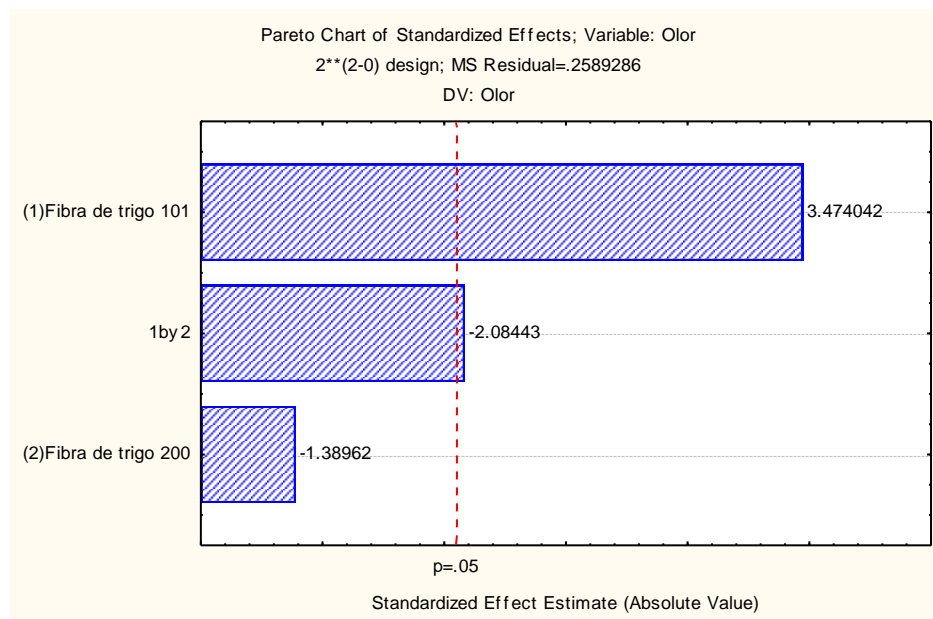


Gráfico de Pareto del color de pan tipo hamburguesa

El gráfico de Pareto para el atributo del olor, en la cual el efecto fibra de trigo WF 101 (1), la interacción (1 y 2) fueron significativos a un nivel de confianza del 95 %. Mientras que el efecto fibra de trigo WF 200 no fue significativo sobre el atributo del olor del pan tipo hamburguesa.

D. Resultados de sabor día 1

Tabla del análisis de varianza del sabor

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo 101	1.53125	1	1.531250	3.035398	0.092443
(2)Fibra de trigo 200	1.53125	1	1.531250	3.035398	0.092443
1 by 2	1.53125	1	1.531250	3.035398	0.092443
Error	14.12500	28	0.504464		
Total SS	18.71875	31			

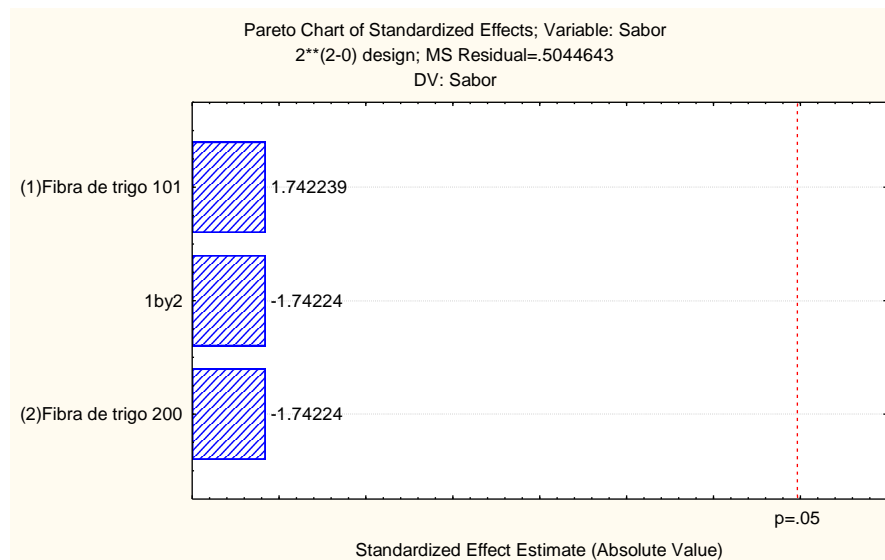


Gráfico de Pareto del sabor de pan tipo hamburguesa

El gráfico de Pareto para el atributo del sabor, en la cual se observa que el efecto fibra de trigo WF 101 (1), efecto fibra de trigo WF 200 (2) y la interacción (1 y 2) no presentaron efectos significativos sobre el sabor del pan tipo hamburguesa.

E. Resultados de textura día 1

Tabla del análisis de varianza de textura

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo 101	0.50000	1	0.500000	1.16667	0.289304
(2)Fibra de trigo 200	0.50000	1	0.500000	1.16667	0.289304
1 by 2	4.50000	1	4.500000	10.50000	0.003074
Error	12.00000	28	0.428571		
Total SS	17.50000	31			

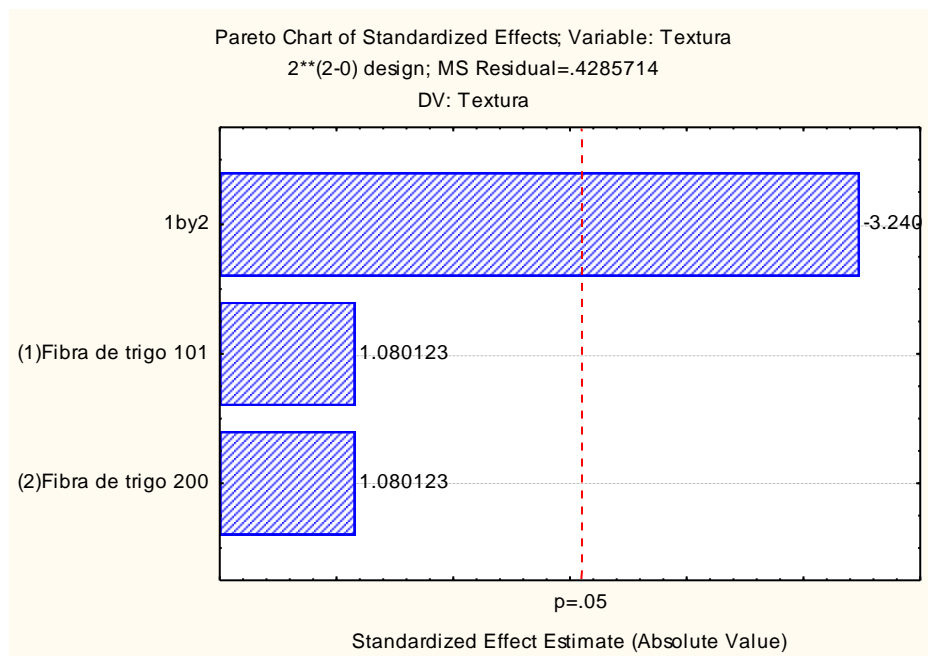


Gráfico de Pareto de textura de pan tipo hamburguesa

El gráfico de Pareto para el atributo de textura, en la cual el efecto interacción (1 y 2) es significativo sobre el atributo analizado a un nivel de confianza del 95 %. El efecto fibra de trigo WF 101 (1) y efecto fibra WF 200 (2) no tuvieron efectos significativos sobre la textura.

ANEXO 3. Análisis sensorial del pan tipo hamburguesa día 5

A. Resultados de Apariencia general

Tabla del análisis de varianza de apariencia general

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo 101	2.000000	1	2.000000	8.960000	0.005711
(2)Fibra de trigo 200	0.125000	1	0.125000	0.560000	0.460500
1 by 2	0.500000	1	0.500000	2.240000	0.145669
Error	6.250000	28	0.223214		
Total SS	8.875000	31			

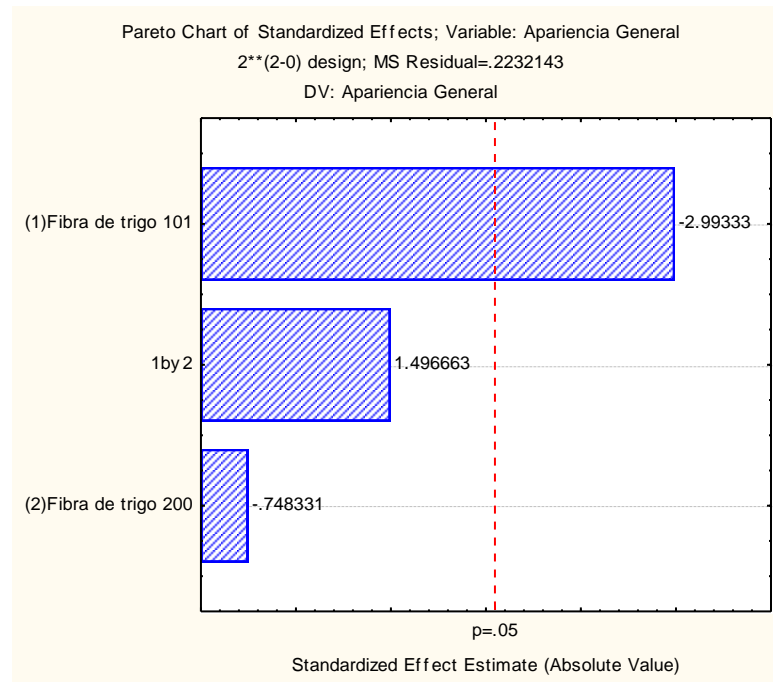


Gráfico de Pareto de apariencia general de pan tipo hamburguesa

B. Resultados del Color

Tabla del análisis de varianza del color

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	1.125000	1	1.125000	4.846154	0.036116
(2)Fibra de trigo WF 200	0.125000	1	0.125000	0.538462	0.469171
1 by 2	1.125000	1	1.125000	4.846154	0.036116
Error	6.500000	28	0.232143		
Total SS	8.875000	31			

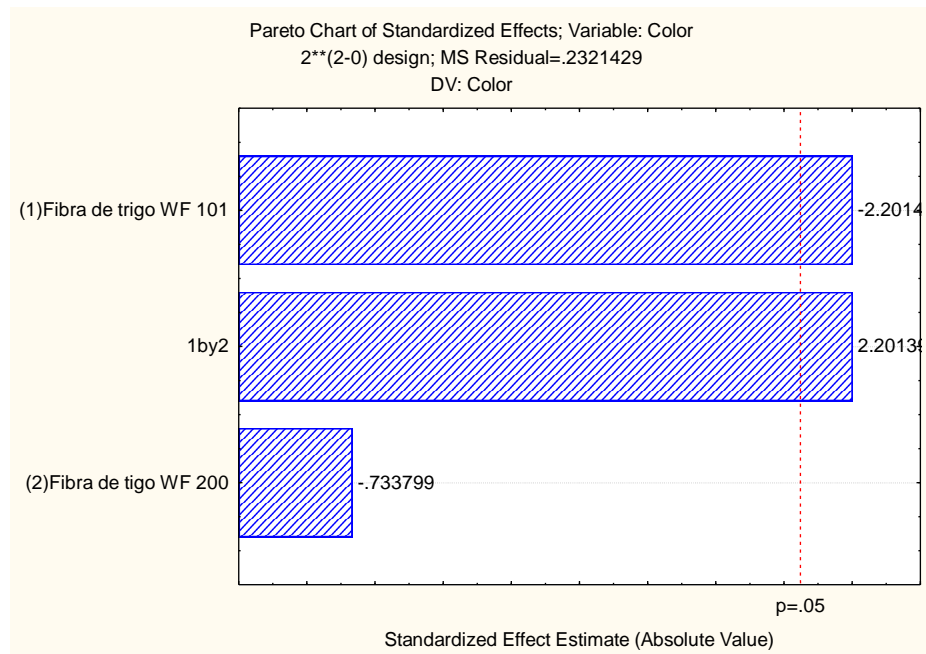


Gráfico de Pareto del color de pan tipo hamburguesa

C. Resultados del Olor

Tabla del análisis de varianza del olor

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo 101	1.125000	1	1.125000	5.040000	0.032851
(2)Fibra de trigo 200	2.000000	1	2.000000	8.960000	0.005711
1 by 2	0.125000	1	0.125000	0.560000	0.460500
Error	6.250000	28	0.223214		
Total SS	9.500000	31			

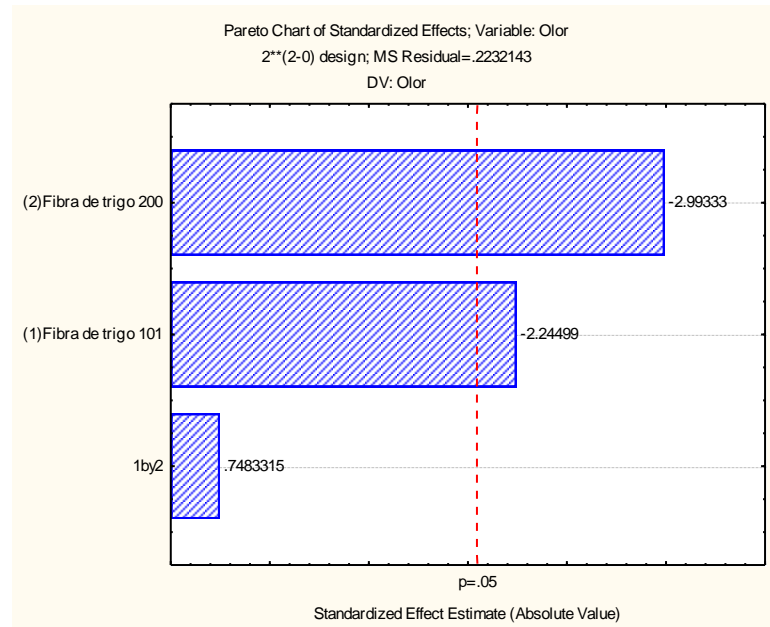


Gráfico de Pareto del olor de pan tipo hamburguesa

D. Resultados de sabor

Tabla del análisis de varianza de sabor

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo 101	2.00000	1	2.000000	9.73913	0.004158
(2)Fibra de trigo 200	3.12500	1	3.125000	15.21739	0.000548
1 by 2	1.12500	1	1.125000	5.47826	0.026607
Error	5.75000	28	0.205357		
Total SS	12.00000	31			

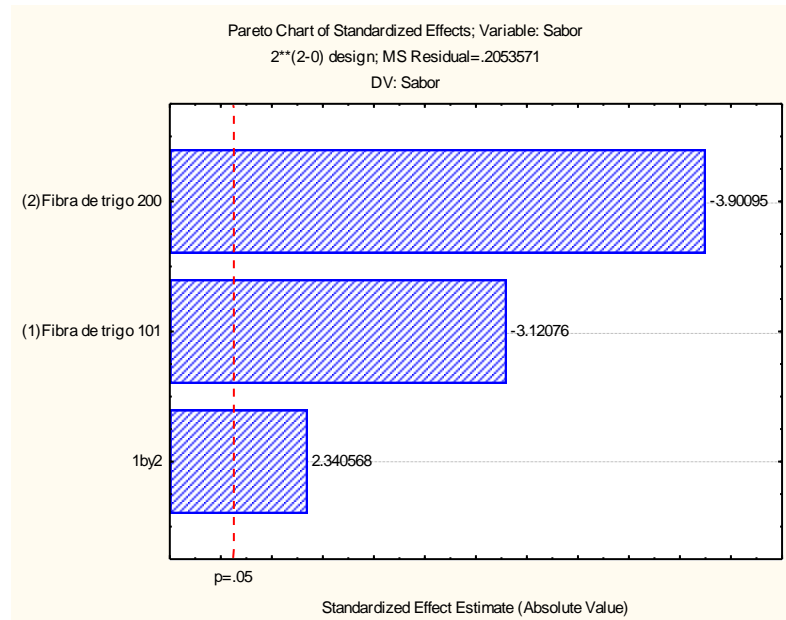


Gráfico de Pareto de sabor de pan tipo hamburguesa

E. Resultados de textura

Tabla del análisis de varianza de textura

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo 101	0.500000	1	0.500000	2.000000	0.168323
(2)Fibra de trigo 200	0.500000	1	0.500000	2.000000	0.168323
1 by 2	0.000000	1	0.000000	0.000000	1.000000
Error	7.000000	28	0.250000		
Total SS	8.000000	31			

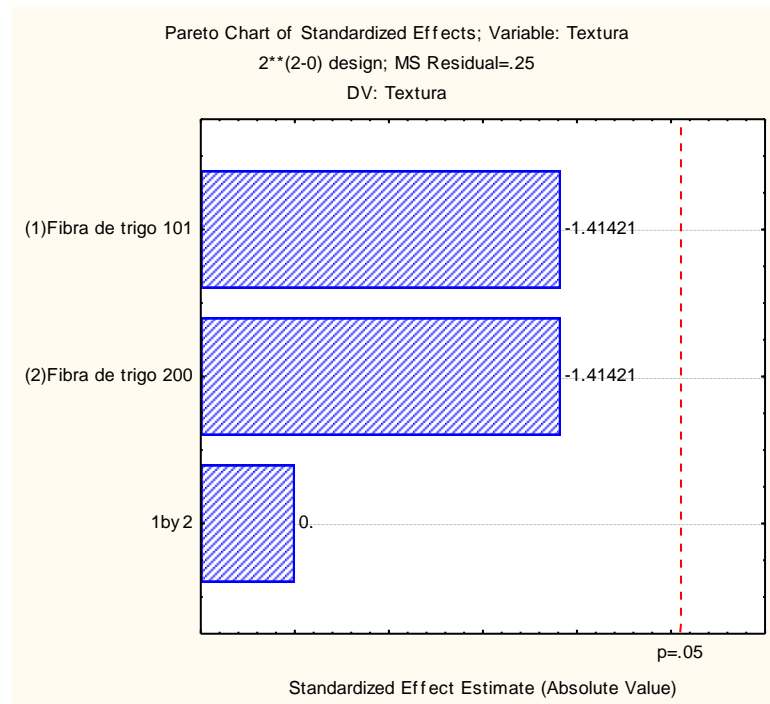


Gráfico de Pareto de textura del pan tipo hamburguesa del día 5

ANEXO 4. Resultados de Evaluación Sensorial Día 8

A. Resultados de sabor

Tabla del análisis de varianza de apariencia general día 8

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	1.53125	1	1.531250	4.454545	0.043870
(2)Fibra de trigo WF 200	0.28125	1	0.281250	0.818182	0.373430
1 by 2	2.53125	1	2.531250	7.363636	0.011259
Error	9.62500	28	0.343750		
Total SS	13.96875	31			

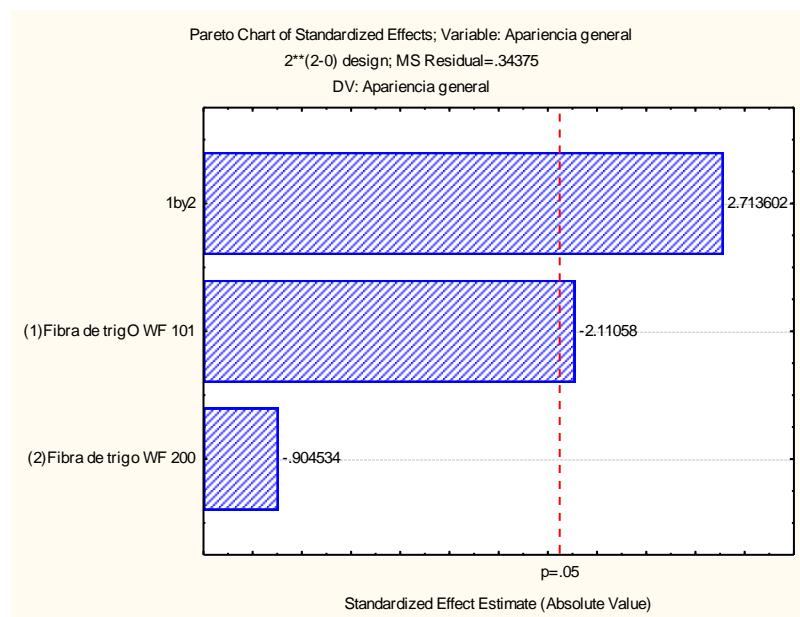


Gráfico de Pareto de apariencia general de pan tipo hamburguesa del día 8.

B. Resultados de color día 8

Tabla del análisis de varianza de color

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Fibra de trigo WF 101	1.12500	1	1.125000	4.344828	0.046362
(2)Fibra de trigo WF 200	1.12500	1	1.125000	4.344828	0.046362
1 by 2	2.00000	1	2.000000	7.724138	0.009624
Error	7.25000	28	0.258929		
Total SS	11.50000	31			

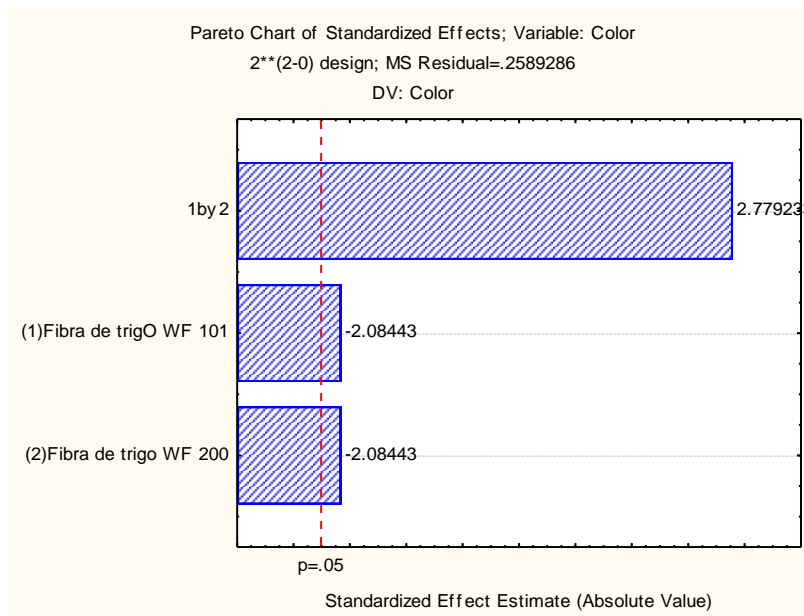


Gráfico de Pareto de color del pan tipo hamburguesa

C. Resultados del olor día 8

Tabla del análisis de varianza del olor

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	0.28125	1	0.281250	0.567568	0.457516
(2)Fibra de trigo WF 200	2.53125	1	2.531250	5.108108	0.031782
1 by 2	2.53125	1	2.531250	5.108108	0.031782
Error	13.87500	28	0.495536		
Total SS	19.21875	31			

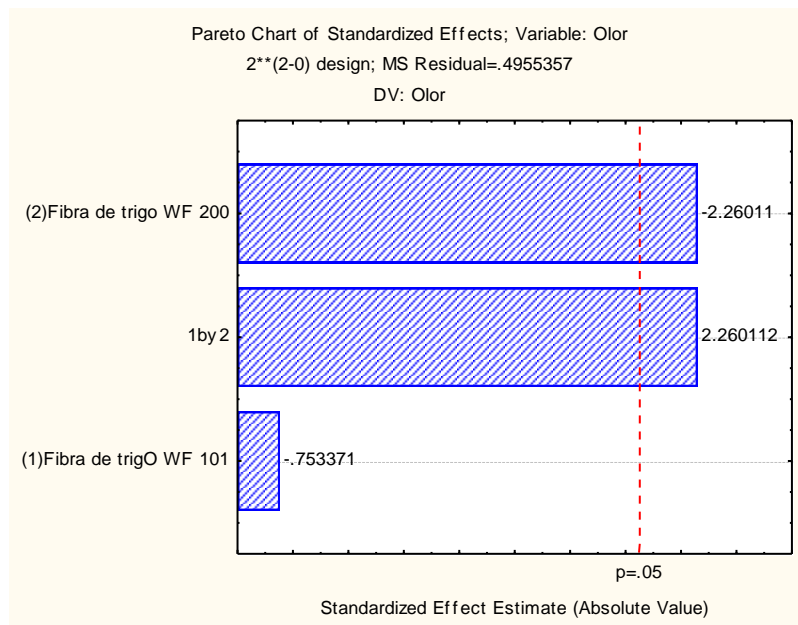


Gráfico de Pareto de olor del pan tipo hamburguesa día 8

D. Resultados de sabor día 8

Tabla del análisis de varianza de sabor

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	0.28125	1	0.281250	0.797468	0.379463
(2)Fibra de trigo WF 200	1.53125	1	1.531250	4.341772	0.046434
1 by 2	0.28125	1	0.281250	0.797468	0.379463
Error	9.87500	28	0.352679		
Total SS	11.96875	31			

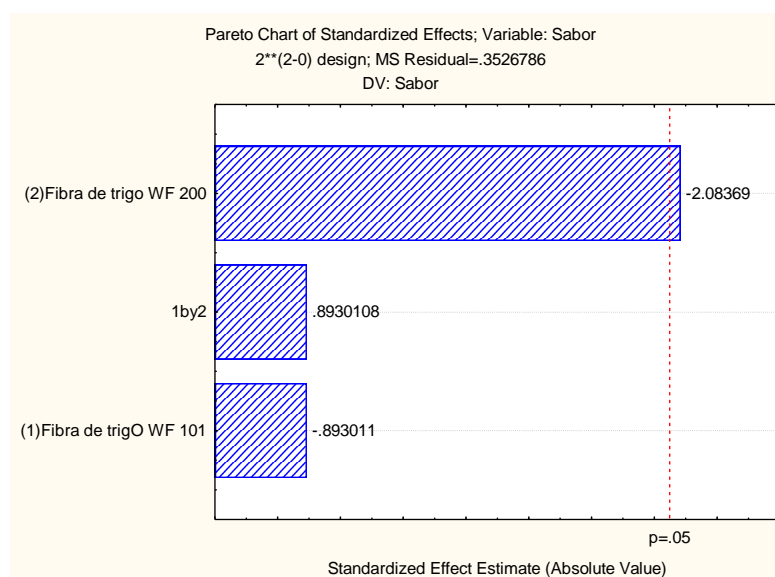


Gráfico de Pareto de sabor de pan tipo hamburguesa día 8

E. Resultados de textura

Tabla del análisis de varianza de textura

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	12.50000	1	12.50000	26.41509	0.000019
(2)Fibra de trigo WF 200	3.12500	1	3.12500	6.60377	0.015789
1 by 2	2.00000	1	2.00000	4.22642	0.049231
Error	13.25000	28	0.47321		
Total SS	30.87500	31			

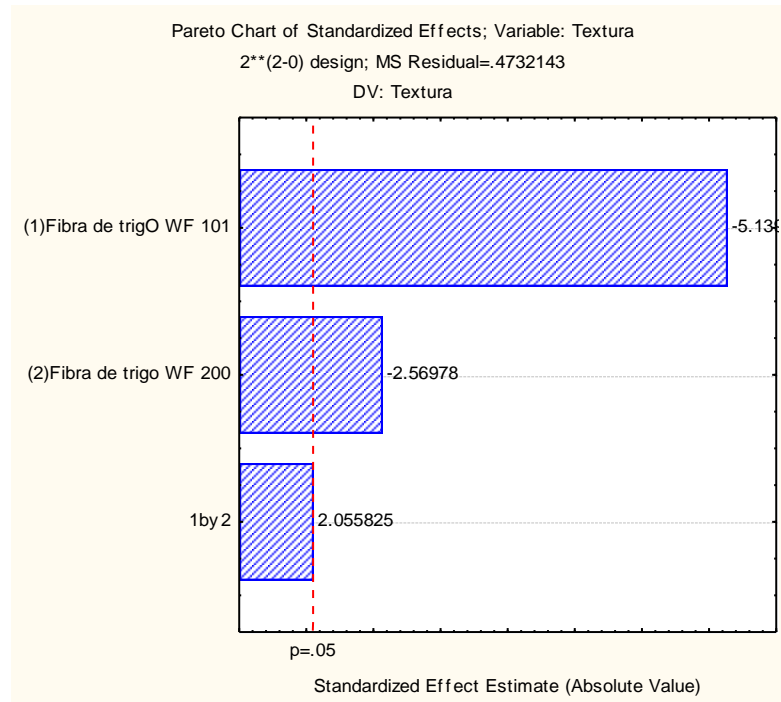


Gráfico de Pareto de textura del pan tipo hamburguesa

ANEXOS 5. Resultados de evaluación sensorial día 11

A. Resultados de apariencia general

Tabla del análisis de varianza de apariencia general

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	13.78125	1	13.78125	23.56489	0.000041
(2)Fibra de trigo WF 200	22.78125	1	22.78125	38.95420	0.000001
1 by 2	0.03125	1	0.03125	0.05344	0.818871
Error	16.37500	28	0.58482		
Total SS	52.96875	31			

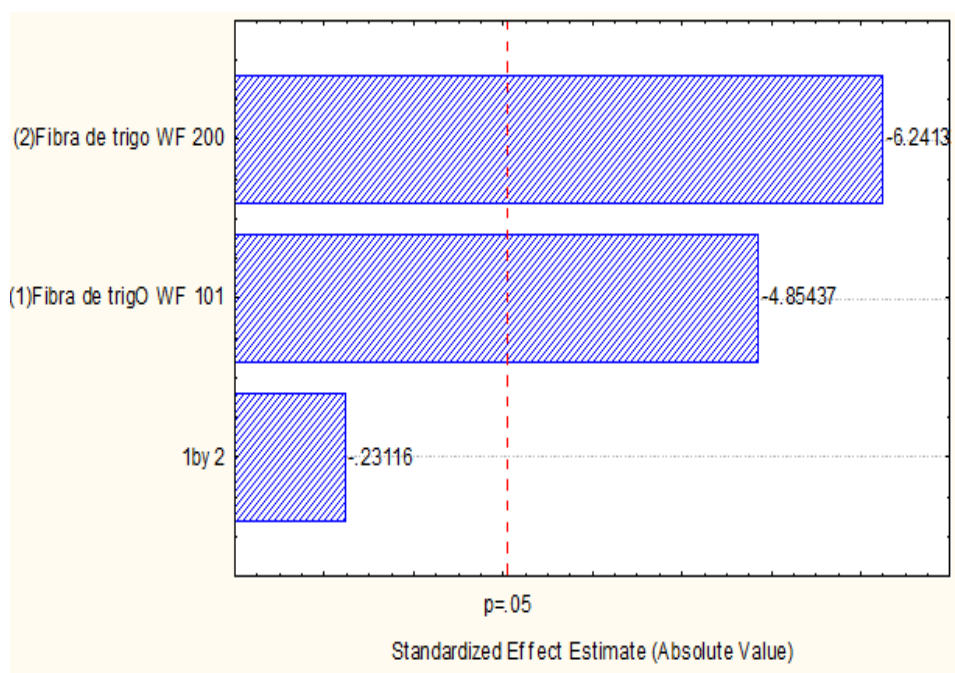


Gráfico de Pareto de apariencia general del pan tipo hamburguesa

En el gráfico de Pareto (Figura 6), se representa los efectos estandarizados. La longitud de cada barra es proporcional al valor del estadístico calculado para el efecto correspondiente. En nuestro caso, se puede apreciar que existe una barra más allá de la línea vertical, lo cual significa que, es estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

B. Resultados de Color

Tabla del análisis de varianza de color

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	30.03125	1	30.03125	40.76970	0.000001
(2)Fibra de trigo WF 200	19.53125	1	19.53125	26.51515	0.000018
1 by 2	0.28125	1	0.28125	0.38182	0.541626
Error	20.62500	28	0.73661		
Total SS	70.46875	31			

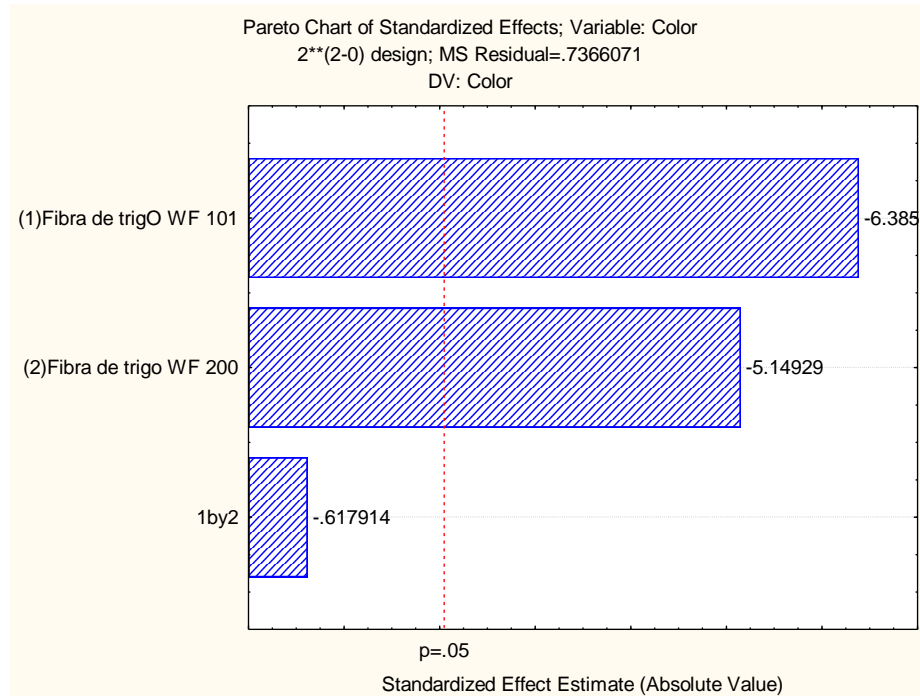


Gráfico de Pareto del color de pan tipo hamburguesa

En el gráfico de Pareto (Figura 6), se representa los efectos estandarizados. La longitud de cada barra es proporcional al valor del estadístico calculado para el efecto correspondiente. En nuestro caso, se puede apreciar que existen dos barras más allá de la línea vertical, lo cual significa que, estadísticamente son significativos ($p < 0.05$).

C. Resultados de Olor

Tabla del análisis de varianza de olor día 11

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo 101	1.125000	1	1.125000	5.040000	0.032851
(2)Fibra de trigo 200	2.000000	1	2.000000	8.960000	0.005711
1 by 2	0.125000	1	0.125000	0.560000	0.460500
Error	6.250000	28	0.223214		
Total SS	9.500000	31			

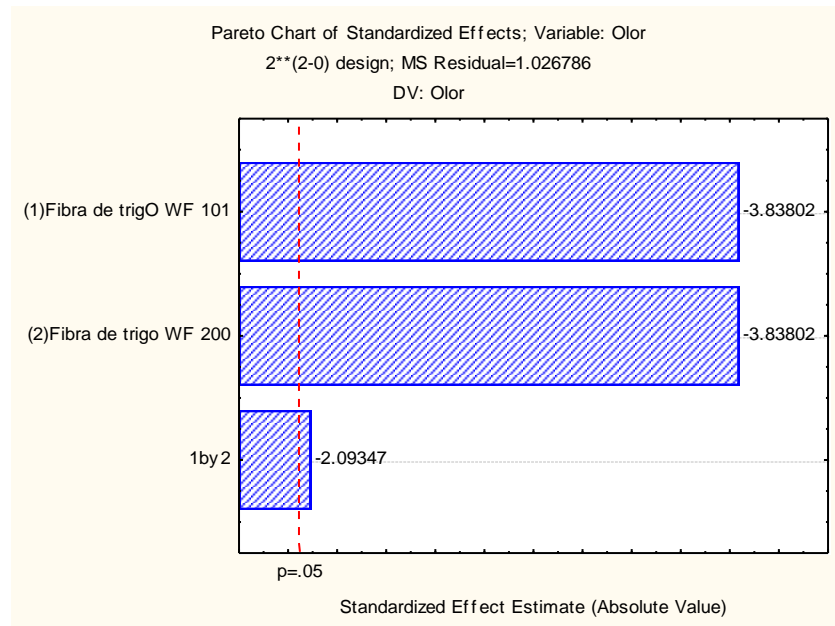


Gráfico de Pareto del olor de pan tipo hamburguesa

En el gráfico de Pareto, se representa los efectos estandarizados. La longitud de cada barra es proporcional al valor del estadístico calculado para el efecto correspondiente. En nuestro caso, se puede apreciar que existen tres barras más allá de la línea vertical, lo cual significa que, estadísticamente son significativos ($p < 0.05$).

D. Resultados de Sabor

Tabla del análisis de varianza de sabor día 11

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	2.00000	1	2.00000	3.29412	0.080255
(2)Fibra de trigo WF 200	18.00000	1	18.00000	29.64706	0.000008
1 by 2	0.50000	1	0.50000	0.82353	0.371895
Error	17.00000	28	0.60714		
Total SS	37.50000	31			

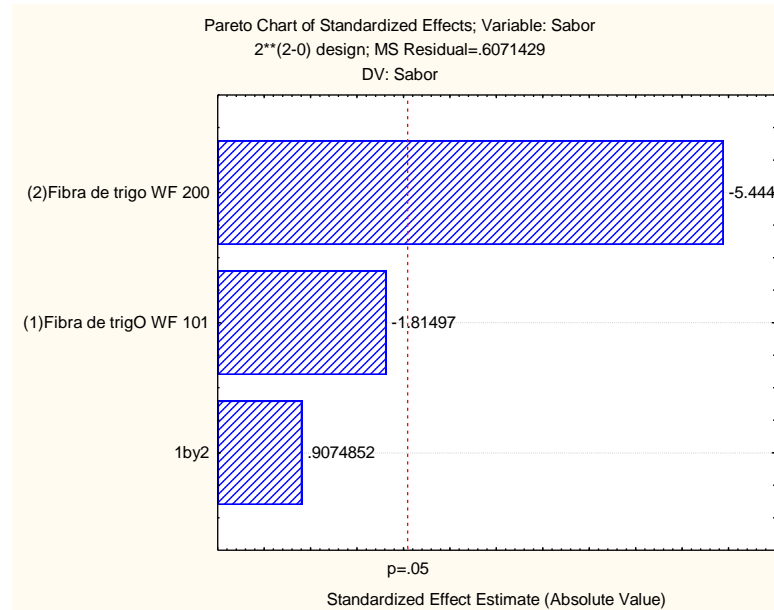


Gráfico de Pareto de sabor de pan tipo hamburguesa

En el gráfico de Pareto, se representa los efectos estandarizados. La longitud de cada barra es proporcional al valor del estadístico calculado para el efecto correspondiente. En nuestro caso, se puede apreciar que existe una barra más allá de la línea vertical, lo cual significa que, es estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

E. Resultados de Textura

Tabla del análisis de varianza de textura día 11

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Fibra de trigo WF 101	24.50000	1	24.50000	44.98361	0.000000
(2)Fibra de trigo WF 200	32.00000	1	32.00000	58.75410	0.000000
1 by 2	1.12500	1	1.12500	2.06557	0.161740
Error	15.25000	28	0.54464		
Total SS	72.87500	31			

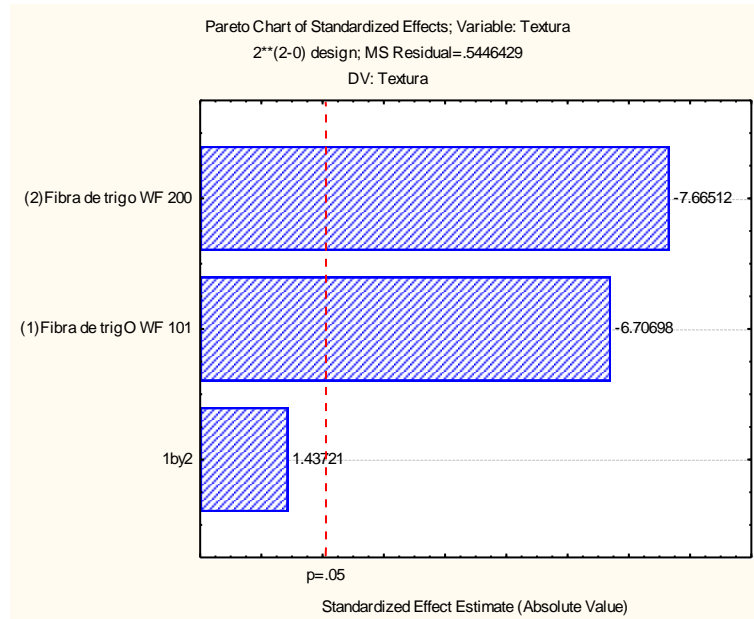


Gráfico de Pareto de textura de pan tipo hamburguesa

En el gráfico de Pareto, se representa los efectos estandarizados. La longitud de cada barra es proporcional al valor del estadístico calculado para el efecto correspondiente. En nuestro caso, se puede apreciar que existen dos barras más allá de la línea vertical, lo cual significa que, estadísticamente son significativos ($p < 0.05$).

ANEXO 6. CARTILLA DE ANALISIS FISICOQUIMICOS

ANALISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

TRATAMIENTOS

Análisis→		Actividad de Agua (Aw)				Humedad (%)				
Día↓	Fecha	Aw 1	Aw 2	Aw 3	Promedio	% H 1	% H 2	% H 3	T°	Promedio

Observaciones