

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“COMPARACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y REOLÓGICA DE HARINAS:
TRIGO (*Triticum aestivum*), CENTENO (*Secale cereale*) Y TRITICALE
(*x Triticosecale*) EN ELABORACIÓN DE PAN”**

Presentado por:

AKEMI LUZ ANTICONA GALINDO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Lima – Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“COMPARACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y REOLÓGICA DE
HARINAS: TRIGO (*Triticum aestivum*), CENTENO (*Secale cereale*) Y
TRITICALE (*x Triticosecale*) EN ELABORACIÓN DE PAN”**

Presentado por:

AKEMI LUZ ANTICONA GALINDO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dra. Carmen Velezmoro Sánchez
PRESIDENTE

.....
Dra. Ritva Repo de Carrasco
MIEMBRO

.....
Dra. Ana Aguilar Gálvez
MIEMBRO

.....
M.Sc. Gloria Pascual Chagman
ASESOR(A)

.....
Dra. Luz Gómez Pando
CO-ASESOR(A)

Lima – Perú

2017

DEDICATORIA

A mis padres por sus consejos e incondicional apoyo en el transcurso de mi carrera estudiantil.

AGRADECIMIENTOS

A mi centro de estudios, la Universidad Nacional Agraria La Molina, por brindarme conocimientos académicos, personales y profesionales en mi etapa de alumna y tesista.

Al Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por el apoyo financiero para la ejecución del presente trabajo de investigación.

A mis asesoras, M.Sc. Gloria Pascual Chagman y Dra. Luz Gómez Pando por su guía desde el inicio del proyecto de tesis.

A la Ing. Martha Ibañez Tremolada, por su valiosa orientación, enseñanza constante, paciencia y dedicación durante la realización de la tesis.

Al M.Sc. Cristian Encina, por brindarme su experiencia en el tema y apoyo desinteresado en el presente trabajo.

Al M.Sc. Grimaldo Febres Huamán, por su paciencia y conocimientos en la parte estadística de la investigación.

A Maribel, técnica del laboratorio de calidad del PIPS en cereales y granos nativos, por su apoyo en las pruebas fisicoquímicas y tiempo brindado.

A la Srta. Ruth, secretaria del PIPS, por su valiosa orientación y palabras de aliento.

A los miembros de la facultad de industrias alimentarias y la biblioteca agrícola nacional por su apoyo en mi actualización y buen trato.

INDICE GENERAL

RESUMEN	
SUMMARY	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 TRIGO	3
2.2 ASPECTOS GENERALES DEL CENTENO Y TRITICALE	8
2.3 HARINAS	13
2.4 PANIFICACIÓN	24
2.5 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS CEREALES	34
2.6 EVALUACIÓN SENSORIAL	38
III MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN	41
3.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS	41
3.3 EQUIPOS Y MATERIALES	41
3.4 MÉTODO DE ANÁLISIS	42
3.5 METODOLOGÍA	44
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
V CONCLUSIONES	98
VI RECOMENDACIONES	99
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
VIII. ANEXOS	106

INDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Composición nutricional del trigo	4
Cuadro 2: Componentes de la fibra dietética del centeno y trigo	10
Cuadro 3: Producción de Centeno en el Perú (2001–2014)	10
Cuadro 4: Producción de Triticale en Sudamérica (2008–2013)	12
Cuadro 5: Producción de Triticale en Brasil y Chile (2008–2013)	12
Cuadro 6: Composición centesimal del centeno, trigo y triticale	12
Cuadro 7: Productos de molturación según su granulometría	15
Cuadro 8: Directrices de Gluten Húmedo y Gluten Seco	18
Cuadro 9: Clasificación de la harina por su fuerza panadera	21
Cuadro 10: Composición química de la harina de trigo	22
Cuadro 11: Composición química de la harina de Centeno	23
Cuadro 12: Clasificación del trigo con base en sus características y uso industrial	25
Cuadro 13: Contenido de aminoácidos esenciales	36
Cuadro 14: Requerimiento de aminoácidos esenciales para adultos	37
Cuadro 15: Formulación base para pan de tipo molde	46
Cuadro 16: Análisis físico-químico de harina importado, integral y flor nacional	49
Cuadro 17: Análisis reológico de harina importada, integral y flor nacional	52
Cuadro 18: Análisis físico-químico de las diferentes sustituciones	55
Cuadro 19: Análisis reológico de las diferentes sustituciones.	68
Cuadro 20: Análisis físico de panes elaborados con las diferentes sustituciones	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción de trigo en el Perú (2009–2013)	6
Figura 2: Producción de Harina de Trigo en el Perú (miles de Toneladas Métricas)	7
Figura 3: Departamentos que presentan mayor producción de trigo en el Perú	8
Figura 4: Importación de Trigo en el Perú (2009–2013)	8
Figura 5: Grano de cereales	9
Figura 6: Diseño experimental para la elaboración de pan con sustitución parcial de harina importada, integral, flor nacional con harina de centeno y triticale	45
Figura 7: Diagrama de flujo para la elaboración de pan molde por método directo	48
Figura 8: Color de miga (%) del pan con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale	86
Figura 9: Color de miga (%) del pan con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale	87
Figura 10: Color de miga (%) del pan con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale	88
Figura 11: Olor de pan (%) con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale	89
Figura 12: Olor de pan (%) con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale	90
Figura 13: Olor de pan (%) con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale	90
Figura 14: Sabor de pan (%) con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale	91
Figura 15: Sabor de pan (%) con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale	92

Figura 16: Sabor de pan (%) con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales	92
Figura 17: Textura del pan (%) con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales	93
Figura 18: Textura del pan (%) con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales	94
Figura 19: Textura del pan (%) con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales	94
Figura 20: Aceptabilidad del pan (%) con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales	95
Figura 21: Aceptabilidad del pan (%) con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales	96
Figura 22: Aceptabilidad del pan (%) con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales	97

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL	106
ANEXO 2: COMPARACIÓN MEDIANTE PRUEBA DE TUKEY A UN 5 POR CIENTO DE LOS VALORES PROMEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS DIFERENTES SUSTITUCIONES CON HARINAS SUCEDÁNEAS	107
ANEXO 3: FIGURAS DE LA COMPARACIÓN DE LOS VALORES PROMEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS MEDIANTE LA PRUEBA DE TUKEY ($\alpha=0,05$)	113
ANEXO 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS,	119
ANEXO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBAS REOLÓGICAS	125
ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBAS FÍSICAS	127
ANEXO 7: ANÁLISIS DE VARIANZA DE PRUEBAS SENSORIALES EN PAN	131
ANEXO 8: GRÁFICAS DE ALVEO-CONSISTÓGRAFO	136
ANEXO 9: GRÁFICAS DE MIXÓGRAFO	157
ANEXO 10: CLASIFICACIÓN DE HARINAS SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y REOLÓGICAS	164
ANEXO 11: MODO DE EMPLEO DEL <i>GLUTOMATIC SYSTEM</i>	166
ANEXO 12: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES INDICADORAS	167
ANEXO 13: COMPOSICIÓN DE TABLETAS CATALIZADORAS	168
ANEXO 14: FOTOS DE PANES DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE CENTENO Y TRITICALE AL 0;10;20;30 POR CIENTO DE SUSTITUCIÓN ELABORADOS A NIVEL EXPERIMENTAL	169

RESUMEN

Con el fin de evaluar el potencial de las harinas sucedáneas como ingredientes en panificación se realizó la sustitución de la harina integral de centeno (*Secale cereale* L.) y triticale (*X Triticosecale wittmack*) en la harina importada, integral y flor nacional, ambas en distintas proporciones (10;20;30 %), obteniéndose 21 tratamientos. Se evaluaron las sustituciones por medio de pruebas físico-químicas y reológicas. Las propiedades reológicas fueron evaluadas mediante el mixógrafo y el alveo-consistógrafo; mostrando el tiempo y altura de desarrollo de la masa, tenacidad, extensibilidad y fuerza panadera. La inclusión de centeno y del triticale en la formulación panaria, permitieron cambios positivos en las propiedades físico-químicas de las mezclas con harina importada y flor nacional, aumentando el contenido de ceniza y proteína, lo cual permite un pan con mayor cantidad de nutrientes. La calidad del producto fue analizada en términos de volumen específico de la pieza panaria, peso y altura, color de la corteza y miga, textura del pan y análisis sensorial. En la elaboración de los panes, al sustituir la harina de centeno en la harina flor nacional, se observaron panes con menor ancho, altura y volumen; mientras que la inclusión en la harina integral presenta un aumento de la altura y el volumen del pan. Por otro lado, la sustitución de la harina de triticale en la harina importada e integral nacional implicó un aumento en el ancho, una disminución en la altura y volumen del pan, presentándose esta última característica también con la harina nacional. El análisis sensorial indicó que la adición de las harinas sucedáneas en la harina importada y flor nacional disminuyó la aceptabilidad de los consumidores; sin embargo, el pan elaborado con la sustitución de harina de centeno en harina integral nacional mostró mayor aceptabilidad que los elaborados con la sustitución de triticale.

Palabras clave: harina, *Secale cereale*, *Triticosecale*, sustitución, caracterización, pan

SUMMARY

In order to evaluate the potential of ersatz flour as an ingredient in baking, substituting whole meal rye (*Secale cereale l.*) and triticale (*X Triticosecale wittmack*) performed on imported flour, whole and national flower, both in different proportions (10;20;30 %), resulting in 21 treatments. The substitutions by rheological and physicochemical testing were evaluated. The rheological properties were evaluated using the mixograph and alveo-consistograph; showing the time and height of the mass, tenacity, extensibility and strength development bakery. The inclusion of rye and triticale in the bread formulation allowed positive changes in physicochemical properties of mixtures with imported flour and national flower, increasing the content of ash and protein, which allows bread with greater amount of nutrients. The quality of the product was analyzed in terms of specific volume of the piece, height, weight and color of the crust and Crumb, texture of the bread and sensory analysis. In the preparation of bread, substituting rye flour in the national flower flour, were breads with lower width, height, and volume; while the inclusion in wheat flour has increased the height and volume of bread. On the other hand, the substitution of triticale in national imported flour and integral flour involved an increase in width, a decrease in height and volume of the bread, presenting this last feature also with flower flour. Sensory analysis indicated that the addition of surrogate flours in imported flour and national flower decreased acceptability of consumers; however, the bread made with the replacement of rye in national wheat meal flour showed greater acceptability than those made with the substitution of triticale.

Keywords: flour, *Secale cereale*, *Triticosecale*, substitution, characterization, bread

I. INTRODUCCIÓN

El trigo es un alimento básico de la humanidad y actualmente puede decirse que no hay nación que no lo utilice en la dieta diaria, en sus diversas variantes, en mayor o menor cantidad.

El trigo debe cumplir características estándares de calidad que garanticen su uso en el área de fabricación de alimentos y su transformación en un buen producto final. Las diferentes características que se tienen en cuenta están en relación con el contenido de proteínas, dureza, hidratación del gluten y se adaptarán para la fabricación de fideos, galletas, pastelería, pan, etc., siendo la mayor parte dedicada a la panadería.

En el Perú, el trigo es empleado en forma directa como grano o harinas elaboradas en molinos de la pequeña industria. Esta producción abastece el 12 por ciento de la demanda nacional y el resto es importado. Existe la posibilidad de emplear otras harinas en la elaboración de pan, en mezclas con el trigo, tales como el centeno y el triticale que por su rusticidad podrían ser sembrados en las tierras marginales de la sierra, donde las temperaturas bajas limitan el desarrollo del trigo.

El centeno (*Secale cereale L.*) tiene propiedades funcionales las cuales se caracterizan por su contenido de fibra, ácidos fenólicos, lignanos, alquil-resorcinol y otros compuestos bioactivos; el alto contenido de fibra puede ayudar a mantener la salud intestinal al prevenir el estreñimiento. Además el consumo de este cereal también puede reducir el riesgo de diabetes tipo 2, enfermedades del corazón, cáncer de mama y cáncer colon rectal e incluso favorecer la pérdida de peso (Yu *et al.* 2012).

El triticale (*X Triticosecale wittmack*) es un híbrido resultante del cruzamiento entre trigo (*Triticum sp.*) y centeno (*Secale sp.*), cuya calidad nutritiva, en algunos aspectos, llega a superar al trigo, presentando mejor digestibilidad proteínica, mayor contenido de lisina y un adecuado balance de minerales (Quiroz 2000).

Los objetivos de la presente investigación fueron: Realizar una evaluación de las propiedades físico-químicas y reológicas a las harinas de trigo nacional e importado, centeno y triticale; comparar las diferentes sustituciones de las mezclas en un pan tipo molde y realizar el análisis sensorial.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 TRIGO

2.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los granos de trigo son cariósides secas que presentan forma ovalada, aovada y elíptica con sus extremos redondeados. Están formados por tres partes principales: el salvado o parte externa, el germen o embrión y el endospermo, que es la parte más interna del grano. El germen sobresale en uno de los extremos y en el otro hay un mechón de pelos finos, el resto del grano se denomina endospermo, el cual es un depósito de alimentos para el embrión que representa el 82 por ciento del peso del grano. A lo largo de la cara del grano hay una depresión (surco), una invaginación de la aleurona y todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada. El pericarpio, la testa y la aleurona conforman el salvado de trigo. El salvado está formado por numerosas capas ricas en vitaminas y minerales, así como un alto contenido en proteína. La capa de aleurona se localiza entre el salvado y el endospermo. El germen es la parte donde se inicia el origen de una nueva planta, es una de las fuentes más ricas en vitaminas del grupo B y E y contiene proteínas, grasas y minerales. El endospermo está formado principalmente por almidón, proteínas y en menor medida, celulosas, y presenta un bajo contenido de vitaminas y minerales. La harina blanca está formada predominantemente por el endospermo. La textura del endospermo puede ser vítrea (cristalina, córnea, acerada) o harinosa. El carácter vítreo de los granos suele estar relacionado con un alto contenido proteico, mientras que el carácter harinoso suele asociarse con rendimientos más elevados. Los granos vítreos son translúcidos y aparecen brillantes al observarlos, al contrario de los harinosos que son opacos y más oscuros bajo una fuente de luz (Edel *et al.* 2007). En el Cuadro 1 se presenta la composición nutricional del grano de trigo por 100 gramos de porción comestible.

El trigo es el más valorado de todos los granos alimenticios y es ampliamente usado en todas sus etapas, desde el producto entero hasta luego de una molienda fina.

En la panificación, el trigo es el ingrediente más importante; provee de masa y estructura a la mayoría de los productos de panificación, incluyendo panes, queques, galletas y masa de hojaldres. El trigo puede formar gluten cuando es mezclado con agua (Cotton y Ponte, citado por Zapata 2010). El gluten en la masa del trigo tiene la habilidad de retener el gas producido durante la fermentación o por agentes leudantes, lográndose así un alimento fermentado (Zapata 2010). Además del trigo el centeno y el triticale forman gluten.

Cuadro 1: Composición nutricional de trigo por 100 g de porción comestible

COMPONENTES	CANTIDAD
Energía (Kcal)	336
Agua (g)	14,5
Proteína (g)	8,6
Grasa (g)	1,5
Carbohidratos (g)	73,7
Fibra (g)	3,0
Ceniza (g)	1,7
Calcio (mg)	36
Fósforo (mg)	224
Hierro (mg)	4,6
Tiamina (mg)	0,30
Riboflavina (mg)	0,08
Niacina (mg)	2,85
Ácido ascórbico reducido (mg)	4,8

FUENTE: Tomado de Collazos *et al.* 1996

Todos los trigos pertenecen al género *Triticum* de la familia Poaceae. El trigo común (*Triticum aestivum s sp. aestivum*) y el trigo extra duro o *durum* (*Triticum turgidum s sp.*

durum) son los dos grupos mayoritarios del trigo cultivados actualmente para uso alimentario.

Por motivos comerciales, el trigo común es generalmente clasificado como duro o suave, rojo o blando, de invierno o de primavera. De estos, el trigo duro y el suave se obtienen muchos de los productos de panadería (Moncada 2007).

Clasificación Taxonómica del Trigo harinero

Reino	:	Vegetal
Clase	:	Liliopsida
Subclase	:	Liliidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Género	:	Triticum
Especie	:	aestivum
Nombre científico	:	Triticum aestivum
Nombres comunes	:	Trigo harinero

FUENTE: Tomado de Jiménez 2008

2.1.2 CLASIFICACIÓN DEL TRIGO

Los trigos se clasifican de manera general por la estructura del endospermo y por el contenido proteico (Kent, citado por Moncada 2007)

Trigos Duros y Blandos

Las características de dureza y blandura en la industria molinera se relacionan con la forma de fragmentarse el endospermo.

En trigos duros, la fractura tiende a producirse siguiendo las líneas que limitan las células, mientras que el endospermo de los trigos blandos se fragmenta de forma imprevista, al azar. Los trigos duros producen harina gruesa, arenosa, fluida y fácil de cernir, compuesta por partículas de forma regular, muchas de las cuales son células completas de endospermo.

Los trigos blandos producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo y algunas partículas aplastadas que se adhieren entre sí, se ciernen con dificultad (Kent, citado por Moncada 2007).

Clasificación del trigo para su comercialización en el mercado internacional

Son varios los tipos de trigo que se cultivan alrededor del mundo; de acuerdo a su hábito de crecimiento estos se clasifican en trigos invernales, primaverales e intermedios o facultativos. El trigo hexaploide (*Triticum aestivum L.*), comúnmente conocido como harinero, también se clasifica con base en el color de su grano en rojo y blanco. El trigo tetraploide (*Triticum durum*) es comúnmente conocido como durum o cristalino y tiene color ámbar.

2.1.3 PRODUCCIÓN E IMPORTACIÓN NACIONAL DE TRIGO

El cultivo del trigo en el Perú, usado también para la elaboración de galletas, pan, harina y otros productos farináceos, no logra cubrir la demanda interna, la industria molinera demanda anualmente alrededor de dos millones de toneladas métricas de trigo, procedente principalmente de Canadá, Estados Unidos, Rusia, Argentina y Paraguay (Lira 2014). Del trigo producido en el país (218 mil TM al año 2015) sólo una pequeña parte se destina a la industria molinera (Lira 2016).

En la Figura 1 se muestra la producción del trigo en el Perú desde el año 2009 hasta el 2013, con el nivel más bajo en el año 2011 con 214 140 toneladas y en el año 2013 tubo el nivel más alto con 230 112 toneladas de trigo.

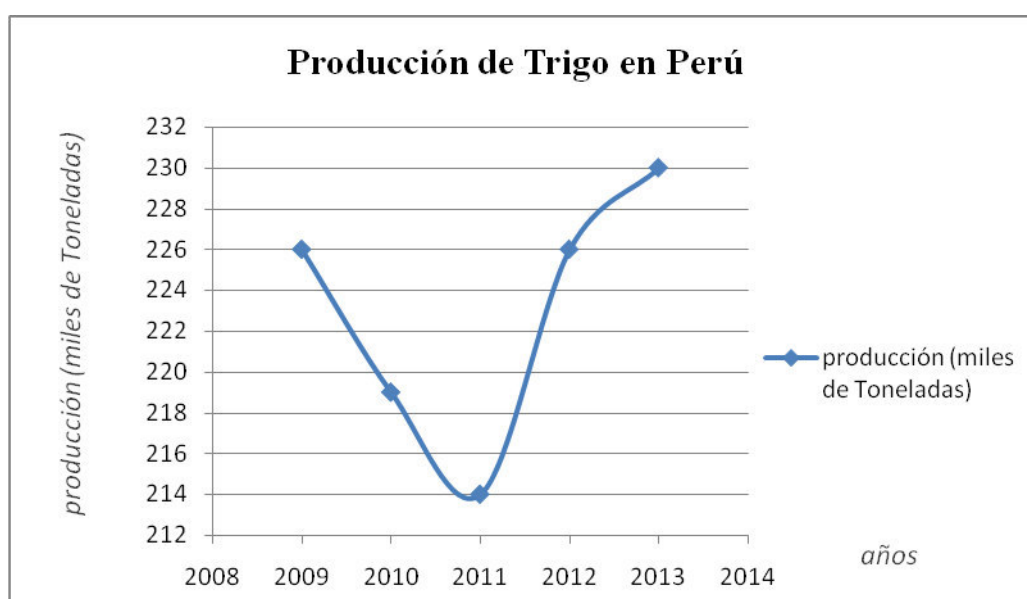


Figura 1: Producción de Trigo en el Perú (2009–2013).

FUENTE: Tomado de FAOSTAT 2016

Según cifras del Ministerio de la Producción citado por Lira (2016) «la producción de harina industrial en el 2015 (creció 0,5 %) registró un volumen similar al del año 2014» (Figura 2). Esta evolución estuvo explicada, en parte, por una menor elaboración de productos de panadería.



Figura 2: Producción de Harina de Trigo en el Perú (miles de Toneladas Métricas).

FUENTE: Tomado de Lira 2016

En la Figura 3 se puede apreciar los departamentos que presentaron mayor producción de trigo en el Perú durante el último quinquenio: La Libertad, Cajamarca, Arequipa, Junín, Ancash, Huánuco y Cuzco.

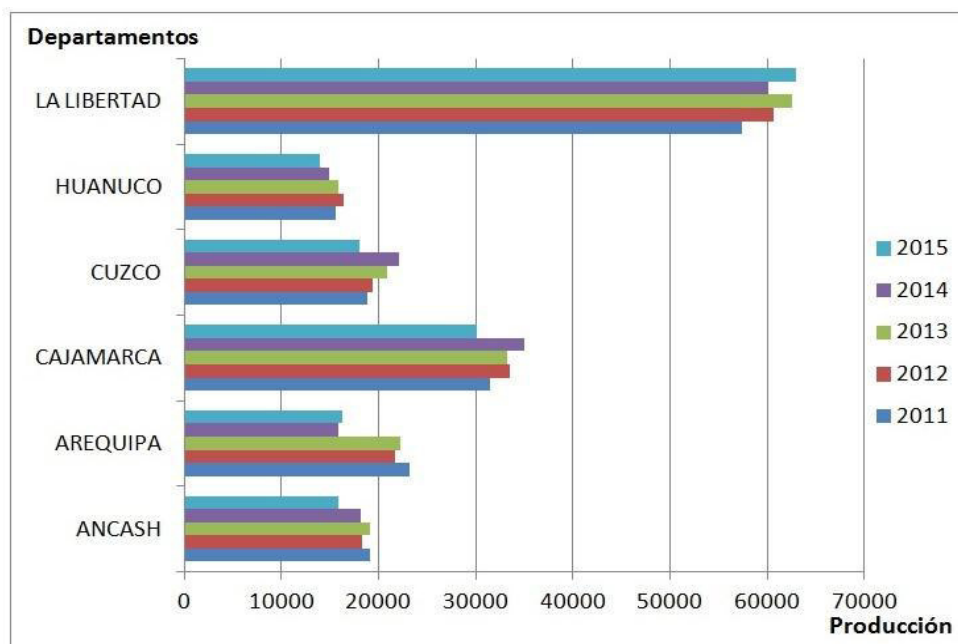


Figura 3: Departamentos que presentan mayor producción de trigo en el Perú (2011–2015).

FUENTE: Tomada de MINAG 2017

Durante el año 2009 se importaron 1 512 630 toneladas de trigo con un valor de 388 324 miles de dólares, en la Figura 4 se observa un crecimiento de la importación durante el periodo del 2009 al 2013, en el año 2013 se importaron 1 804 847 toneladas con un valor de 625 944 miles de dólares. Durante el 2015 el trigo importado provino principalmente de países como: Canadá (72 % del total), Estados Unidos (22 %) y Rusia (6 %) (Gestión 2016).

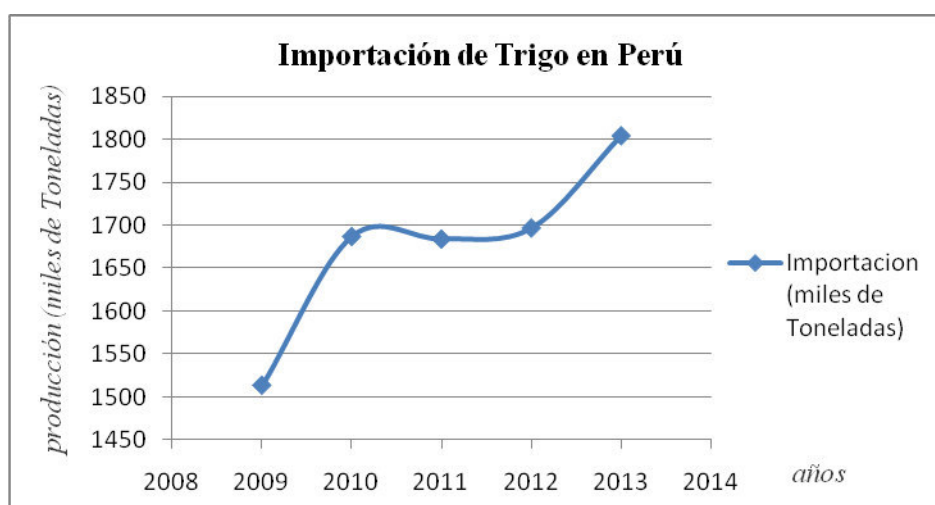


Figura 4: Importación de Trigo en el Perú (2009–2013).

FUENTE: Tomada de FAOSTAT 2016

2.2 ASPECTOS GENERALES DEL CENTENO Y TRITICALE

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CENTENO

El centeno (*Secale cereale L.*) pertenece a la familia Poaceae. El género *Secale* consta de tres especies: *cereale L.*, *strictum Presl.* Y *sylvestre Host.* (Jaaska, citado por Edel *et al.* 2007). Aunque existe una gran diversidad genética intra e inter específica, el número de variedades cultivadas es pequeño y la mayor parte pertenece a la especie *Secale cereale L.*, el grano de centeno es una cariopside (fruto) en la cual el pericarpio está íntimamente ligado a la semilla; mide 6-8 mm de largo y 2-3 mm de ancho, pero el tamaño y la forma de los granos dependen de la variedad (Hoseney citado por Edel *et al.* 2007).

El grano de centeno está compuesto por el pericarpio, una capa de células de aleurona, el endospermo y el germen o embrión. Su color puede variar de gris verdoso a gris amarillento. El peso por unidad de volumen, conocido como peso hectolítrico, es un criterio de calidad del centeno, con mínimos requeridos para su clasificación en diversas categorías, como por ejemplo el límite de 68 kg/hL para la Unión Europea (ECCR, citado por Edel *et al.* 2007).

En la Figura 5 se observan los granos de centeno, triticales y trigo harinero, notándose la similaridad entre este último y el grano de centeno. De igual modo, el almidón de centeno es similar al del trigo y es casi completamente absorbido en el intestino delgado. La proteína del centeno es considerada de una mayor calidad nutritiva que la del trigo debido a su mayor contenido de lisina (Dendy y Dobraszczyk 2001).



Figura 5. Grano de cereales: A. Centeno, B. Triticales, C y D. Trigo harinero.

FUENTE: Tomada de Dendy y Dobraszczyk 2001

Se ha demostrado que el consumo de grano entero reduce el riesgo de la diabetes tipo 2, accidente cerebrovascular, enfermedad cardiovascular y la obesidad. El efecto beneficioso de los granos enteros se ha atribuido a la presencia de fibra dietética, micronutrientes, y otros fitoquímicos. El centeno es una fuente reconocida de fibra dietética, vitaminas, y otros fitoquímicos fenólicos (Dendy y Dobraszczyk 2001).

2.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CENTENO

Recientes estudios también han indicado que el centeno tiene efectos nutritivos y fisiológicos beneficiosos más allá del efecto de la fibra dietética, tales como la función intestinal y el estreñimiento. Tales efectos beneficiosos nuevos son relacionados con una posible prevención del cáncer por la presencia en el centeno de fitoestrógenos. La harina de trigo blanca normal generalmente contiene solo un tercio o un cuarto del contenido de estos nutrientes (Dendy y Dobraszczyk 2001). En el Cuadro 2 se observan los componentes de la fibra dietética de los granos de trigo y centeno.

Cuadro 2: Componentes de la fibra dietética de centeno y trigo (g/100 g)

COMPONENTE DE LA FIBRA DIETÉTICA	CENTENO	TRIGO
Fibra dietética total	15.9	11.1
β -glucanos	1.8	0.8
Arabinoxilanos	9.1	6.0
Celulosa	2.4	2.5
Lignina klason	1.2	0.8

FUENTE: Tomado de Dendy y Dobraszczyk 2001

2.2.3 PRODUCCIÓN NACIONAL DE CENTENO

En el Cuadro 3 se presenta la producción (toneladas métricas) del centeno en el Perú. Dichos datos comprenden desde el año 2001 al 2013 pudiéndose observar que su producción es variable en el transcurso de los años, alcanzándose el mayor valor en el 2006.

Cuadro 3: Producción de Centeno en el Perú (2001-2013)

AÑO	PRODUCCIÓN (TM)
2001	88
2002	67
2003	88
2004	69
2005	86
2006	157
2007	81
2008	131
2009	148
2010	124
2011	138
2012	81
2013	118

FUENTE: Tomada de FAOSTAT 2014

2.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL TRITICALE

El triticale (*X Triticosecale Wittmack*) es un híbrido resultante del cruzamiento entre trigo (*Triticum sp.*) y centeno (*Secale sp.*). La planta de triticale tiene semejanzas morfológicas generales con la planta de trigo, aunque es más robusto y vigoroso y con una espiga más grande (Bushuk y Larter, citado por Edel *et al.* 2007).

El triticale no tiene una fuerte tradición en sus usos alimentarios como el trigo o el centeno y no ha sido capaz de reemplazarlos, como una fuente económica de almidón, el triticale puede tener un uso potencial en destilerías y como adjunto cervecero. Pero sus aplicaciones en industrias de relevancia como la panaria y la fabricación de pasta, permanecen insignificantes todavía. Como el trigo y el centeno, el triticale puede ser molido en varios tipos de harina utilizando rodillos molturadores. No obstante, la separación del salvado del endospermo es más difícil en el triticale debido a la variación de la dureza así como una gran irregularidad de los granos, con distorsiones en la estructura del endospermo a la capa de aleurona (Edel *et al.* 2007).

En triticale se ha observado que el almidón está formado por cadenas de menor tamaño o de menor grado de ramificación que en trigo (León *et al.* 1998). Las proteínas de triticale contienen 28 por ciento de prolaminas y 32 por ciento de glutelinas; la concentración de glutelinas aumenta con el incremento de la concentración de proteínas en harinas, mientras que la concentración de prolaminas disminuye. (Heger, citado por Edel *et al.* 2007).

El mayor contenido de lisina del triticale (3,2–3,3 %), su mejor digestibilidad proteínica y el balance de minerales lo hacen adecuado para reemplazar o complementar a otros cereales en la alimentación humana o animal. Además el alto contenido de fósforo del triticale, es más alto que el de cualquiera de sus especies progenitoras (Quiroz 2000).

2.2.5 PRODUCCIÓN DE TRITICALE EN SUDAMÉRICA (2008–2013)

En el Cuadro 4 y 5 se presentan la producción (toneladas métricas) del grano de triticale en Sudamérica; dichos datos comprenden desde el año 2008 al 2013 pudiéndose observar que la producción es variable en el transcurso de los años, alcanzándose en Brasil el mayor valor en el año 2008, mientras que en Chile la mayor producción se mostró en el año 2010.

Cuadro 4: Producción de triticale en sudamérica (2008–2013)

AÑO	PRODUCCIÓN (TM)
2008	277,325
2009	203,335
2010	253,227
2011	204,135
2012	166,971
2013	238,370

FUENTE: Tomado de FAOSTAT 2014

Cuadro 5: Producción de triticale en brasil y chile (2008–2013)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Brasil	184 604,00	122 212,00	124 277,00	90 469,00	86 466,00	122 002,00
Chile	92 721,00	81 123,00	128 950,90	113 666,00	80 505,00	116 368,00

FUENTE: Tomado de FAOSTAT 2014

2.2.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CENTENO, TRIGO Y TRITICALE

En el Cuadro 6 se presenta la composición química de los cereales. Centeno y Triticale se caracterizan por un mayor contenido de fibra y menor contenido de grasa que el trigo; además, se observa un mayor contenido de proteína y ceniza en triticale.

Cuadro 6: Composición centesimal del centeno, trigo y triticale (g/100 g en base seca)

COMPONENTE	CENTENO	TRIGO	TRITICALE
Proteína (N x 5.7)	8,3	12,8	14,2
Almidón	63,4	67,5	62,7
Azúcares libres	6,3	3,1	3,2
Fibra dietética	16,1	12,6	13,3
Grasa	1,5	2,0	1,5
Ceniza	1,7	1,6	2,0

FUENTE: Tomado de Dendy y Dobraszczyk 2001

2.3 HARINAS

La harina es el producto resultante de la molienda del grano de trigo (*Triticum aestivum L.*) con o sin separación parcial de la cáscara (ITINTEC, citado por De la Cruz 2009). La designación “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de otros granos (cereales y menestras), tubérculos y raíces le corresponde la denominación de “harina” seguida del nombre del vegetal que provienen. A este tipo de harinas se les denomina sucedáneas según ITINTEC citado por De la Cruz 2009.

2.3.1 PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINAS

Para obtener la harina de trigo se realizarán las operaciones de limpieza y selección, acondicionamiento, molienda y tamizado, que a continuación se describen.

- **Limpieza**

Los granos que llegan hasta la harinera transportan con ellos elementos extraños tales como pequeñas piedras, tierra, paja o semillas de otros cereales. Por ello es de suma importancia eliminar todos estos contaminantes antes de proceder a la molienda.

Aunque antes de su almacenamiento en la granja se suele llevar a cabo una limpieza preliminar, todas las harineras llevan a cabo una limpieza del cereal bruto recibido como primera etapa de su tratamiento. Esta limpieza es especialmente importante en la fabricación de sémolas, ya que al ser estas de mayor granulometría que las harinas, las impurezas tenderán a concentrarse en ellas (Dendy y Dobraszczyk 2001).

Son varios los procedimientos que permiten separar las impurezas, basándose en diferencias de tamaño, forma, densidad o resistencia al aire entre los granos y los agentes extraños o incluso aprovechando las propiedades magnéticas de las posibles partículas metálicas presentes. En general se emplean los siguientes equipos para la limpieza:

Cribas: Permite separar piedras, tierra o granos de otros cereales basándose en su diferencia de tamaño. Pueden ser grandes planchas horizontales o cilindros rotatorios perforados.

Separadores por peso específico: Permite separar piedras y fragmentos de vidrio o plástico basándose en su diferente densidad. Así mismo se usan también para separar la fracción de trigo de menor densidad (30 % del total). Poseen unos paneles vibrantes que, con ayuda de una corriente de aire, que circula por aspiración de abajo a arriba, consiguen en primer lugar estratificar el material, para a continuación separarlo en fracciones, en función de su diferente peso específico.

Separadores mediante corriente de aire (aspiradores): Aprovechan la mayor facilidad de arrastre de las partículas pequeñas y ligeras en una corriente de aire. Son útiles para la separación de polvo, granos rotos, cáscaras, etc. De los cereales.

Separadores Magnéticos: Su funcionamiento consiste en establecer un campo magnético alrededor de la conducción por donde circulan los granos de cereal. Al pasar a través del imán, las partículas metálicas quedan adheridas al mismo.

- **Acondicionamiento del grano**

Es una operación previa a la molienda, que consiste en añadir agua al cereal, dejándolo a continuación reposar unas 24 horas, si bien la cantidad de tiempo exacta necesita ser optimizada en función del tipo de cereal. Las razones por las que se acondiciona el trigo son fundamentalmente tres:

Refuerza la fibra, evitando que se rompa en multitud de fragmentos pequeños, muy difíciles de separar, lo que ayuda a producir harina con un bajo contenido en cenizas.

Aumenta la humedad del endospermo, lo que permite obtener una harina con un 14–15 por ciento de humedad. Facilita la molienda al ablandar el endospermo.

El contenido final de humedad en el grano, para alcanzar los anteriores objetivos, es de alrededor del 16,5 por ciento.

- **Molienda**

La molienda tiene por objetivo la transformación del endospermo en harina y la separación lo más íntegra posible de las cubiertas del grano (fibra o salvado) y el germen.

Se trata de una operación secuencial, en la que se obtienen y se van separando fracciones de diferente granulometría y composición, tales como las que se incluyen en el Cuadro 7, para el caso del trigo. Por ello el proceso de molienda va intercalando equipos para la molturación (molinos de rodillos), tamices (cernedores) y equipos para la clasificación y purificación de las distintas fracciones (cepilladores de salvado) (Dendy y Dobraszczyk 2001).

Cuadro 7: Productos de molturación según su granulometría

DENOMINACIÓN	GRANULOMETRÍA (mm)
Salvado	Partículas más gruesas
Granillo	1150-130
Harinas	<130

FUENTE: Tomado de Dendy y Dobraszczyk 2001

Molino de rodillos

Es el equipo más utilizado en las harineras modernas.

El principio de funcionamiento consiste en someter a los granos a fuerzas de compresión y cizalla, al pasar entre dos rodillos de superficie estriada. Cuando los rodillos son lisos, la fuerza predominante es la de compresión. Tanto el número de estrías de los rodillos como la separación entre ellos, influyen en la granulometría del producto final.

Cernidores o Planchisters

Consisten en un conjunto de cribas colocadas en serie, de forma que permiten clasificar por tamaños el resultado de la molienda. Se construyen con 4;6;8 ó 10 secciones de hasta 30 tamices cada una. Las cribas son sometidas a un movimiento vibratorio que permite la separación de las diferentes fracciones por tamaño. Normalmente se colocan tanto en la sección de ruptura como en la de reducción (50:50) (Dendy y Dobraszczyk 2001).

Cepilladoras de salvado

Separan y recuperan las partículas de harina que permanecen adheridas al salvado, antes de proceder al almacenamiento del mismo. Generalmente funcionan sometiendo al salvado a una fuerza centrífuga en el interior de un tamiz cilíndrico que es accionado por medio de un rotor compuesto de batidores ajustables. De esta forma se consigue desprender la harina y que esta abandone el tambor a través de las paredes, quedando en el interior el salvado limpio (Dendy y Dobraszczyk 2001).

- **Productos de molturación**

La molienda del trigo, tal como se ha indicado, genera fundamentalmente tres productos diferentes, en función de la granulometría de los mismos:

1. Salvado, de mayor tamaño, constituido por las capas externas del grano
2. Granillo, que contiene las partículas de endospermo más gruesas (130 a 1000 micras)
3. Harina, formada por las partículas más finas del endospermo (Dendy y Dobraszczyk 2001).

2.3.2 PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA HARINA

La calidad de la harina se evalúa determinando sus características químicas, las que brindarán información adecuada para la elaboración de productos específicos.

- **Humedad**

Conocer la humedad de los productos de molinería es de gran importancia desde el punto de vista de comercialización y vida útil (Serna, citado por Moncada 2007). La humedad baja en la harina es considerada segura y fácil de conservar, cuando la humedad aumenta por encima del 17 por ciento, ocurren cambios bioquímicos y químicos en el grano, siendo fáciles de ser atacados por microorganismos que degradan en azúcar, produciendo fermentación ácida, alcohólica y acética, lo que ocasiona aumento de acidez en la harina.

La acidez puede también provenir de la hidrólisis de los lípidos que contienen el germen (Zúñiga, citado por Moncada 2007).

- **Proteína**

Las proteínas son compuestos nitrogenados que, con el contacto con agua, formarán el gluten (Cámara Nacional de la Industria Molinera del Trigo, citado por Vásquez *et al.* 2009). Es el componente que más afecta la funcionalidad y la calidad de los productos de trigo. Los factores como la absorción de agua, tiempos de amasado y estabilidad están en función de la cantidad y calidad de la proteína (Serna, citado por Moncada 2007).

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido sulfúrico estandarizado (Jimenez 2008).

- **Cenizas**

El contenido de cenizas permite clasificar las harinas en función del grado de extracción (Kg de harina obtenidos cada 100 kg de trigo molido). Un bajo contenido de cenizas en la harina indica un bajo nivel de contaminación de salvado. El salvado está formado por el pericarpio, la capa de aleuronas, la epidermis nuclear y la testa (Hoseney, citado por Barrera *et al.* 2012), y dada su composición química, contiene una elevada proporción de minerales y de fibras (Barrera *et al.* 2012).

La mayor parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y en la capa de aleurona y su cantidad oscila entre 1,5-2 por ciento. Entre los elementos inorgánicos destacan el fósforo, potásico y en menor proporción magnesio, silicio y sodio. Gran parte del fósforo presente en los cereales se encuentra como ácido fítico el cual se combina con el calcio y el magnesio para formar la fitina, la cual es insoluble, por lo que el fósforo presente en esta forma es mal asimilado por el organismo humano. Además el ácido fítico se puede combinar con numerosos iones reduciendo su asimilación en el organismo. En los granos de trigo existen fitasas que en condiciones adecuadas pueden hidrolizar la fitina con la consiguiente liberación de fosfatos, esto ocurre por ejemplo en el proceso de fermentación de la masa panaria.

Debido a su distribución en el grano, una harina tendrá un contenido en cenizas tanto más elevado cuanto mayor sean las partículas de salvado presentes en la misma, que estará correlacionado con la tasa de extracción de la molienda. El contenido en sales minerales en el grano de trigo es muy variable y depende de muchos factores como la variedad, el tipo de terreno, la fertilización y el clima (Ferrerías 2009).

Los elementos minerales quedan como ceniza blanca que es una mezcla de cationes de los elementos mencionados y aniones. Estos últimos pueden dividirse en dos clases:

Alcalinos: sales provenientes de carbonatos o ácidos orgánicos que durante la calcinación se convierten en óxidos alcalinos. Estas sales se pueden cuantificar sobre la mezcla de cenizas por valoración con ácido.

No alcalinos: las provenientes de cloruros, sulfatos, fosfatos, etc. Que permanecen inalteradas durante la incineración.

La relación entre cenizas alcalinas/no alcalinas es característica de muchos alimentos y puede utilizarse para detectar fraudes (Fernández 2005).

- **Gluten**

En el gluten las proteínas más importantes son las gluteninas y gliadinas, estas están presentes en el endospermo, el cual se ve afectado en su calidad y cantidad por el clima, por la variedad y las prácticas agronómicas (Curie *et al.*, citado por Castro 1992). La cantidad y la calidad de gluten, son consideradas de mucha importancia en la tecnología de alimentos. Tanto la glutenina y gliadina indican las características cohesivas y elásticas de una masa, importantes en la industria panificadora (Carter *et al.*, citado por Castro 1992). Al hidratar una harina de trigo y someterla a un amasado para formar una masa de panificación, ocurren cambios bioquímicos estructurales en las proteínas son redistribuidos a la vez que la fibrillas y cuerpos de proteína se alinean en sentido de la fuerza ejercida por el amasado. El desarrollo de la masa se obtiene cuando se forma una red tridimensional de proteínas insolubles estabilizada por varias uniones químicas y físicas (puentes de hidrógeno, fuerzas iónicas y uniones hidrofóbicas) asociadas a la superficie de las proteínas participantes. A esta red se le conoce como gluten (Shewry *et al.*, citado por Moncada 2007).

Cuadro 8: Directrices de gluten húmedo y gluten seco

	GLUTEN HÚMEDO	GLUTEN SECO
Excesivo	>39	>13
Elevado	De 34,5 a 39	De 11,5 a 13
Normal – Correcto	De 28,5 a 34,5	De 9,5 a 11,5
Limitado	De 25,5 a 28,5	De 8,5 a 9,5
Bajo	De 21 a 25,5	De 7 a 8,5
Muy Bajo	<21	<7

FUENTE: Tomado de Calaveras 2004

- **Falling Number (FN)**

Es el número de segundos que dura una prueba y que mide indirectamente la actividad de la alfa amilasa utilizando como soporte el almidón de la muestra. Esta enzima rompe las cadenas de almidón dejando la glucosa libre para que la levadura tenga alimento (Calaveras 2004).

Las harinas con índices de FN demasiado altos, superiores a 300 s, dan origen a masas con dificultad para fermentar y panes con miga dura y compacta y una corteza pálida. Harinas con índices excesivamente bajos, inferiores a 150 s, dan origen a masas blandas, pegajosas difíciles de trabajar con máquina, el pan se presenta aplastado, con miga gomosa y con corteza de color gris oscuro (Gomez e Ibañez 2012).

- **Volumen de Sedimentación (VS)**

Permiten determinar indirectamente la interacción entre gliadinas y gluteninas al formar gluten (Peña 2009). Está basada en la capacidad de hidratación de la harina en un ácido débil. El valor de la sedimentación es ampliamente influenciada por la calidad de la proteína, y también por la cantidad.

De tal forma que, a mayor volumen de sedimento hinchado, mayor cantidad y calidad de la proteína, y, por lo tanto, buena asociación con calidad de la harina (Gomez e Ibañez 2012).

2.3.3 PRUEBAS REOLÓGICAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA HARINA

Las pruebas reológicas se usan para determinar la funcionalidad de harinas de trigo, tienen como objetivo estudiar las propiedades físicas del gluten hidratado, formado después del amasado.

La consistencia o movilidad de la masa está directamente relacionada a su contenido de agua, y por lo tanto su rendimiento en pan. Las propiedades físicas de la masa se derivan principalmente de la interacción de los estados de materia líquido y sólido. Es así que la masa presenta la plasticidad que combina los atributos de ambos: fluídos y sólidos, elasticidad que es atributo de los sólidos, y la viscosidad que es una característica de los líquidos. Por lo que se puede decir que la masa es un material viscoelástico (Sanchez y Pineda, citado por Pazmiño 2013).

- **Mixógrafo**

El mixógrafo es un instrumento de control de las características físicas de las harinas, registra la resistencia ofrecida por la masa para poder evaluar así sus características tecnológicas. Este equipo permite obtener de la interpretación de la curva parámetros como: Tiempo de desarrollo, altura máxima, área bajo la curva, ángulo entre las partes, altura de la curva, ángulo de debilitamiento (Calaveras 2004).

Tiempo de desarrollo

Es el tiempo que tarda la masa en alcanzar su máxima consistencia.

Una masa con un tiempo de desarrollo muy corto (1 min 30 s), será más extensible, menos elástica y menos estable que una masa con mayor tiempo de desarrollo (2 min 30 s a 5 min). En general, a medida que aumenta el tiempo de desarrollo, disminuye la extensibilidad y aumenta su estabilidad, elasticidad y tolerancia al amasado. Cuando el tiempo de desarrollo se prolonga demasiado, por encima de 4 ó 5 min, la elasticidad y la extensibilidad desaparecen y las masas se vuelven resistentes. Por lo tanto, las masas que precisen de un tiempo excesivamente largo, pueden presentar problemas durante el proceso de panificación (Calaveras 2004). El tiempo de desarrollo está influenciado por el contenido de proteína. Cuanto mayor es este, y solamente hasta un cierto límite del 13 por ciento, menor es el tiempo de desarrollo y también la tolerancia. A partir de dicho límite, el tiempo de desarrollo se mantiene constante. Por el contrario, por cada punto por debajo del 12 por ciento de proteína, el tiempo de desarrollo decrece.

Altura máxima

Distancia entre la línea base y la línea media en el momento de máxima altura. Indican la fuerza y capacidad de absorción de agua. Las masas flojas absorben mayor cantidad de agua (Calaveras 2004).

- **Alveo-consistógrafo**

El Consistógrafo combinado con el Alveógrafo ofrece la ventaja de un análisis completo y fundamental de las cualidades plásticas de las pastas antes de la cocción (comportamiento durante el amasado y el hinchamiento) y su deformación en forma de una burbuja. Determina la cantidad de agua a añadir para obtener una consistencia buscada, clasifica los trigos según sus aplicaciones en producción (medida de absorción de agua, dureza, extensibilidad, elasticidad y fuerza de cocción de la harina) (Chopin 2013). El alveograma es una curva que se determina en el alveógrafo de Chopin y que representa, de forma gráfica y numérica, la fuerza y las cualidades físicas de la harina, mediante los siguientes índices:

Tenacidad (Valor P)

Mide la resistencia que opone la masa a la rotura. Se representa en el alveograma por la altura de la curva expresada en milímetros.

Extensibilidad (Valor L)

Mide la capacidad de la masa para ser estirada, indicando su elasticidad. Se representa por la longitud de la abscisa o base de la gráfica en milímetros (Calaveras 2004).

Relación entre tenacidad y extensibilidad (Valor P/L)

Indica el equilibrio entre la tenacidad y la extensibilidad. Del equilibrio depende el destino más adecuado de la harina (panadería, galletería, fabricación de pastas, etc.).

Fuerza Panadera (Valor W)

La fuerza panadera indica el trabajo necesario para deformar una lámina de masa empujada por aire hasta su rotura. Se representa por la superficie de la curva del alveograma (Calaveras 2004). En el Cuadro 9 se presenta la clasificación de la harina por su fuerza panadera.

Cuadro 9: Clasificación de la harina por su fuerza panadera

FUERZA PANADERA	CLASIFICACIÓN
> 250	Fuertes o mejorantes
De 200 a 250	Gran fuerza
De 150 a 200	Media fuerza
De 90 a 250	Flojas
< 90	Muy flojas

FUENTE: Tomado de Calaveras 2004

2.3.4 VALOR NUTRITIVO DE LAS HARINAS

En el Cuadro 10 se muestran los principales nutrientes de la harina de trigo por 100 gramos de porción comestible.

Cuadro 10: Composición química de la harina de trigo

COMPONENTES	CANTIDAD
Energía (kcal)	359
Agua (g)	10,8
Proteína (g)	10,5
Grasa (g)	2,0
Carbohidratos (g)	74,8
Fibra (g)	1,5
Ceniza (g)	0,4
Calcio (mg)	36
Fósforo (mg)	108
Hierro (mg)	0,6
Tiamina (mg)	0,11
Riboflavina (mg)	0,06
Niacina (mg)	0,93
Ácido ascórbico reducido (mg)	1,8

FUENTE: Tomado de Collazos *et al.* 1996

2.3.5 HARINAS SUCEDÁNEAS

Las harinas sucedáneas de la harina de trigo son los productos obtenidos de la molienda de cereales, tubérculos, raíces, leguminosas y otras que reúnan características apropiadas para ser utilizadas en el consumo humano (ITINTEC 205.040 citado por Castro 1992)

Harina de centeno

Es la obtenida del centeno, la harina de centeno es mucho más oscura que la del trigo y sus proteínas tienen propiedades muy diferentes. Al ser una harina pobre en gluten, no se pueden obtener panes voluminosos. El pan de centeno tiene un alveolado pobre, es difícil de cocer y tiene sabor fuerte (Calaveras 2004).

En el Cuadro 11 se presenta la composición química de la harina de centeno en 100 gramos de porción.

Cuadro 11: Composición química de la harina de Centeno (Por 100g)

COMPONENTES	CANTIDAD
Energía (Kcal)	333
Proteína (g)	8,20
Grasa total (g)	1,77
Glúcidos (g)	75,90
Fibra (g)	11,70
Calcio (mg)	32
Hierro (mg)	2,70
Vitamina E (mg)	1,60
Folato (ug)	78

FUENTE: Tomado de FUNIBER 2014

Harina de Triticale

La harina de triticale es una harina más suave que el trigo, y adecuada para usarse directamente en galletería. No son apropiadas para elaborar pan con levadura a menos que la harina de triticale se mezcle en una proporción no mayor del 30 por ciento con una buena harina de trigo para panificación (Mellado *et al.* 2008).

2.3.6 HARINAS ESPECIALES

Harina Integral,

Producto resultante de la molturación del grano sin la separación de ninguna parte de él; es decir, con un grado de extracción del 100 por 100.

Harina desgerminada,

Producto resultante de la molturación del grano de trigo, al que únicamente se le ha eliminado el germen.

Harina mezclada,

Es la harina que resulta de mezclar harinas de distintos cereales. En su envase deberá figurar la definición de harina mezclada, seguida de la denominación de las harinas que lo integren, indicando tanto sus cantidades como sus cualidades.

Harinas compuestas,

Es el producto obtenido de la mezcla de dos o más harinas sucedáneas o de estas con harina de trigo (Castro 1992).

Harina enriquecida,

Aquella a la que se ha añadido alguna sustancia (proteínas, vitaminas, minerales, ácidos grasos), que eleve su valor nutritivo, con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ella elaborados.

Harina de fuerza,

Harina de extracción T-45 y T-55, procedente de trigos duros, con un contenido mínimo de proteínas de 11 por ciento y W (fuerza) mínimo de 250, admitiéndose una tolerancia en defecto del 10 por ciento. Es una harina que, preferentemente se utiliza en bollería y para panes que en su formulación llevan leche, grasa, huevos, etc. (Calaveras 2004).

2.4 PANIFICACIÓN

2.4.1 DEFINICIÓN Y REQUISITOS GENERALES

Los principales métodos de elaboración son:

-Método de masa directa, en este método todo los componentes de la masa son mezclados y combinados en una sola etapa. En el mezclado se trata de obtener una masa suave con un óptimo de elasticidad. La masa se fermenta por 2 a 4 horas y ocasionalmente se realiza el “punch” durante este periodo.

- Método de esponja - masa, en este método el volumen de harina a utilizar es dividido en dos partes: una de ellas es mezclada con levadura y agua, dejándole fermentar cierto tiempo, a esta masa se le llama “esponja”, la cual se mezcla con la otra cantidad de harina y los otros ingredientes (masa).

La cantidad de harina a utilizar en la “esponja” y en la masa está regulada por el tipo de harina y el tipo de producto a elaborar (Mesas y Alegre 2002).

2.4.2 CARACTERÍSTICAS Y ROL DE LOS PRINCIPALES INGREDIENTES

Los ingredientes básicos en la elaboración del pan de molde son: la harina de trigo, el agua, la levadura y la sal. Si faltara solo uno de estos ingredientes no se podrá elaborar el pan de molde; estos ingredientes son los responsables de las características apariencia, textura y sabor del pan.

Los ingredientes secundarios son: el azúcar, la grasa, el suero de leche y aditivos; se puede producir un pan de molde sin estos ingredientes, solo que si se quiere tener mayor calidad en los panes de molde, debemos de utilizarlas de todas maneras.

A continuación se detallan cada uno de los ingredientes:

- **Harina de trigo**

La harina de trigo es la materia prima esencial en el completo sentido de la palabra: formadora de la masa para la elaboración de productos panificables; contiene gluten que se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina. El Cuadro 12 muestra un ejemplo de clasificación del trigo, con base en su uso o procesamiento, de acuerdo a su textura y características de la fuerza de gluten.

Cuadro 12: Clasificación del trigo en base a sus características generales de calidad y uso industrial

GRUPO DE CALIDAD	FUERZA DE GLUTEN	USO INDUSTRIAL	OBSERVACIONES
Grupo 1	Fuerza extensible	Panificación mecanizada Mejoradora de trigos de menor fuerza de gluten	Endospermo duro a semi-duro
Grupo 2	Medio extensible	Panificador manual y semi-mecanizada	Endospermo duro a semi-duro
Grupo 3	Debil/extensible	Galletería y repostería Panificación artesanal	Endospermo suave (blando)
Grupo 4	Medio tenaz (poco extensible)	Algunos productos de repostería	Endospermo duro a semi-duro, no panificable
Grupo 5 (<i>T. durum</i>)	Fuerte/tenaz	Elaboración de pastas alimenticias (spaguetti, etc.)	Endospermo muy duro y cristalino No panificable

FUENTE: Tomado de Peña *et al.*, citado por De la Cruz 2009

El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas. La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. El tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción influye sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten. A las harinas que contienen menos proteína (gluten) se les llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten húmedo es superior al 30 por ciento.

Calaveras (2004) clasifica comercialmente la harina de trigo en varios grupos, los más importantes son: harina fuerza, harina floja y harinas condicionadas y enriquecidas (véase en Anexo 7).

La harina de trigo se compone de:

Carbohidratos: Almidón

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

Junto con el almidón, vamos a encontrar unas enzimas que van a degradar un 10 por ciento 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

La cantidad de proteínas varía mucho según el tipo de trigo, la época de recolección y la tasa 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 formada por: Glutenina, proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa y 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”. La harina fuerte es rica en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, dando masas consistentes y elásticas, panes de buen aspecto, textura y volumen satisfactorios. La harina floja es pobre en gluten, absorbe poco agua, forma masas flojas y con tendencia a fluir durante la fermentación, dando panes bajos y de textura deficiente. No son aptas para fabricar pan pero si galletas u otros productos de repostería.

Grasas

Las grasas de la harina proceden de los residuos de las envolturas y de partículas del germen. El contenido de grasa 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 ITINTEC 205.027,1986 nos señala que no puede sobrepasar el 15 por ciento; es decir, 100 kg de harina pueden 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 incorporan a la harina según su tasa de extracción (Petryk, citado por De la Cruz 2009).

- **Levadura**

Es el organismo vivo que produce enzimas, los cuales provocan cambios bioquímicos importantes en productos orgánicos naturales. 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, citado por De la Cruz 2009). La fermentación en los alimentos es casi siempre una mezcla de carbohidratos, grasas, proteínas, etc. los cuales sufren modificaciones simultáneas bajo la acción de diferentes tipos de fermentos.

La levadura es un fermento que produce una sustancia que rompe los almidones de la harina y los transforma en azúcar y estos a su vez en alcohol y gas carbónico, que le da al pan su carácter esponjoso; está constituida por hongos microscópicos, sin color, en forma redonda u ovalada.

- **Agua**

El agua es uno de los ingredientes más importantes en la elaboración del pan, y su calidad tiene una importancia fundamental en la técnica de la panificación, en la excelencia del producto, en la estructura de costos y en la comercialización. La cantidad de agua depende del tipo de pan, de la harina y su capacidad de absorción y de la maquinaria que tenemos en el taller. Calaveras (1996) considera al agua como material de unión impartiendo tenacidad a la estructura e interviniendo en la formación del gluten, pudiendo la calidad del agua tener grandes efectos en los productos horneados, así como también la cantidad y tipo de minerales disueltos y presencia de sustancias orgánicas pueden afectar el sabor, color y atributos físicos de los productos finales.

El agua hidrata los almidones de la harina, que junto con el gluten, dan por resultado, una masa plástica, suave y elástica. Esta masa va a crecer por acción del gas que se produce en la fermentación.

La presencia del agua hace posible la porosidad y el buen sabor del pan. Una masa con poca agua dará un producto seco y quebradizo. El agua blanda no tiene minerales, cuando se trabaja con ella se forman masas pegajosas. El agua dura tiene en solución, sales minerales y difícilmente disuelve el jabón.

Produce masas compactas, retrasa la fermentación. En este caso tendrá que emplearse más tiempo en la producción y más levadura encareciéndola.

Lo más recomendable es utilizar el agua medianamente dura (de lluvia o potable). Esta tiene suficientes sales minerales que refuerzan el gluten y sirven como nutrientes para la levadura mejorando de esta forma la producción (Quaglia 1991).

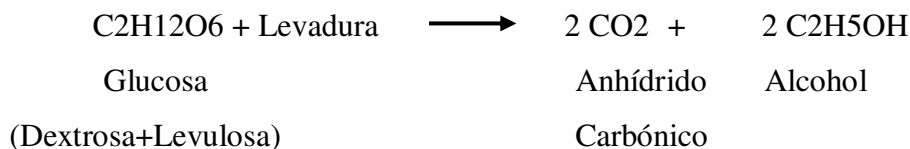
- **Sal**

Es otro ingrediente básico que mejora el sabor del pan, sin ella el pan sería desabrido. Calaveras (1996) menciona las funciones que cumple: Da sabor al producto, además resalta los sabores de otros ingredientes como las masas dulces; fortalece el gluten, permitiendo a la masa retener mejor el agua y gases; contrae y estabiliza el gluten de la harina, facilitando así conseguir una pieza bien formada con miga que no se desmorone al cortar; coadyuva a mantener la humedad de la pieza una vez que esta ha salido del horno.

- **Azúcar**

El azúcar funciona como ablandador al igual que la grasa vegetal, en los productos horneados. Además de dulzor, el azúcar también tiene la propiedad de retener humedad. Permite conservar el pan por más tiempo por la propiedad higroscópica que permite absorber humedad. Ayuda a una rápida formación de la corteza del pan, debido a la caramelización por una parte y a la reacción de Maillard entre azúcares reductores (maltosa, dextrosa y levulosa) y las proteínas de la harina; esto permite temperaturas de horno más bajas, rápida cocción y mayor cantidad de agua retenida en el producto final. El azúcar es el alimento para la levadura ayudándolo en el metabolismo, permitiendo la acción de las enzimas.

Quaglia (1991) menciona que la levadura ataca a 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 la ecuación



- **Grasa**

En la elaboración del pan con frecuencia se añade grasas (manteca, margarina, mantequilla y en algunos casos aceite) con el objeto de mejorar la calidad panadera. La incorporación de la grasa como ingrediente reblandece la miga, por lo que el pan mejora su vida de anaquel (Magaña 2011).

Las grasas son sustancias que se emplean para la elaboración de productos horneados mejorando la característica de las masas, donde las grasas se reparten en finas capas entre los hilos del gluten de la masa, produciendo un efecto lubricante, da una masa suave y la uniformidad de la miga es más pronunciada (Quaglia 1991). Además mejora la presentación del pan con buena coloración, suavidad y buen sabor al pan.

- **Aditivos para pan**

En la elaboración del pan de molde estará permitido el uso de los siguientes aditivos según la Norma ITINTEC 206.004 (1988), el mismo que será verificado por la autoridad sanitaria así como también la verificación de su pureza:

Agentes oxidantes

Como Azodicarbomida (ADA en 45 mg/Kg), Yodato de K y Ca (75 mg/Kg) y Cloruro (90 mg/Kg). La oxidación establece una estructura estable en el sistema de la masa.

Emulsificantes

Como los Glicéridos (etoxilados), Gliceridos (mono y di) de ácidos grasos dietéticos, Lecitina, Esteres poliglicerol, Esteres propilengicol de ácidos grasos, Compuestos sorbitan, Aceite de soya, Esteres estearil, ácido dactílico-2-estearol y sus sales de Ca y Na, todas en proporción PCF (Prácticas correctas de fabricación).

Los emulsificantes favorecen la mezcla de las moléculas de agua y grasa en la formación de la masa.

Emulsionantes

Mejora de las propiedades físicas de los productos cocidos, además obtienen migas más flexibles, con alveolados más finos y uniformes. (Tejero 2012).

Permite disminuir las variaciones de calidad en la harina y obtener productos más homogéneos. Además, los emulsionantes permiten mejorar el rendimiento en los productos de panificación (volumen, estructura del pan, ternura). Su rol de agentes “lubricantes” en las masas, permiten un buen mezclado de los diferentes ingredientes. La masa de pan puede ser considerada como un sistema muy complejo, compuesto de diferentes emulsiones: partículas en suspensión, líquidos y gas, que deben formar un solo sistema homogéneo. Los emulsionantes ayudan a formar la mezcla y pueden así acelerar el proceso de fabricación (Castelli 2002).

Algunos emulsionantes interactúan con el almidón, modificando las temperaturas de gelatinización y la viscosidad, y combinarse con la amilasa de la harina. Las consecuencias sobre la suavidad y la conservación de los panes, son bien conocidas.

Otro tipo de interacción se produce con las proteínas: ciertos emulsionantes acentúan la red de gluten aumentando el volumen del pan y otorgando tolerancia a las masas (fabricación, máquinas) como así también a la variación de los ingredientes (Castelli 2002).

Enriquecedores

Como Tiamina (Dosis mínima 4.4 mg/Kg), Riboflavina (Dosis mínima 2.6 mg/Kg), Niacina (Dosis mínima 35.0 mg/Kg) y Hierro (Dosis mínima 28.0 mg/Kg).

Son aditivos que permiten mejorar el nivel nutritivo del pan.

Enzimas

Se fabrican mezclas para casi todas las aplicaciones y cada una está destinada para dar cierta funcionalidad: Las pentosanas otorgan volumen y suavidad. Incrementan la absorción de agua y la tolerancia de la masa. La amilasa fungal como la bacteriana tienen efecto especial en el pan y en algunos casos también otorgan extensibilidad a la masa. La glucosa oxidasa le otorga al pan mayor volumen y une la red de gluten. La lipasa es una enzima que otorga suavidad a la miga (Castelli 2002).

Conservadores

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

Colorantes y saborizantes

Los saborizantes naturales y artificiales permitidos por la autoridad sanitaria y colorantes de acuerdo a la Norma NTN 209.134, 1988.

Sirven para dar color y aromatizar al producto y dar una mejor calidad al producto.

2.4.3 ELABORACIÓN DEL PAN

- Sistemas de Elaboración

Existen tres sistemas generales de elaboración de pan que vienen determinados principalmente por el tipo de levadura utilizado (Tejero, citado por Mesas y Alegre 2002) son los siguientes:

Directo

Es el menos frecuente y se caracteriza por utilizar exclusivamente levadura comercial. Requiere un periodo de reposo de la masa de unos 45 min antes de la división de la misma. No es útil en procesos mecanizados con división automática volumétrica.

Mixto

Es el sistema más frecuente en la elaboración de pan común. Utiliza simultáneamente masa madre (levadura natural) y levadura comercial. Requiere un reposo previo a la división de la masa de sólo 10–20 min. Es el más recomendable cuando la división de la masa se hace por medio de divisora volumétrica.

Esponja o «poolish»

Es el sistema universalmente empleado en la elaboración de pan francés y sobre todo en la de pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30–40 por ciento del total de la harina, la totalidad de la levadura (comercial) y tantos litros de agua como kilos de harina. Se deja reposar unas horas, se incorpora el resto de la harina y del agua y a partir de ahí se procede como en el método directo.

- Proceso de Elaboración

Con las particularidades propias de cada sistema de elaboración y de cada tipo de pan, el proceso de elaboración consta de las siguientes etapas (Quaglia, citado por Mesas y Alegre 2002).

Amasado

Su objetivo es lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa así como su perfecta oxigenación. El amasado se realiza en máquinas denominadas amasadoras, que constan de una artesa móvil donde se colocan los ingredientes y de un elemento amasador cuyo diseño determina en cierto modo los distintos tipos de amasadoras, siendo las de brazos de movimientos variados (sistema Artofex) y las espirales (brazo único en forma de «rabo de cerdo») las más comúnmente utilizadas en la actualidad.

División y pesado

Su objetivo es dar a las piezas el peso justo. Si se trata de piezas grandes se suelen pesar a mano. Si se trata de piezas pequeñas se puede utilizar una divisora hidráulica, pesando a mano un fragmento de masa múltiplo del número de piezas que da la divisora. En las grandes panificadoras donde el rendimiento horario oscila entre las 1000 y 5000 piezas se suele recurrir a las divisoras volumétricas continuas.

Boleado o Heñido

Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa, reconstruyendo su estructura tras la división. Puede realizarse a mano, si la baja producción o el tipo de pan así lo aconsejan o puede realizarse mecánicamente por medio de boleadoras siendo las más frecuentes las formadas por un cono truncado giratorio.

Reposo

Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente en el propio obrador o mucho mejor en las denominadas cámaras de bolsas, en las que se controlan la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma.

Formado

Su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma. Si la pieza es grande o tiene un formato especial suele realizarse a mano. Si se trata de barras, que a menudo suponen más del 85 por ciento de la producción de una panadería, se realiza por medio de máquinas formadoras de barras en las que dos rodillos que giran en sentido contrario aplastan el fragmento de masa y lo enrollan sobre sí mismo con ayuda de una tela fija y otra móvil.

Fermentación

Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO₂ y algunos productos secundarios. En el caso de utilizar levadura de masa se producen en menor medida otras fermentaciones llevadas a cabo por bacterias. Los objetivos de la fermentación son la formación de CO₂, para que al ser retenido por la masa ésta se esponje, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina.

En un sentido amplio la fermentación se produce durante todo el tiempo que transcurre desde que se han mezclado todos los ingredientes (amasado) hasta que la masa ya dentro del horno alcanza unos 50 °C en su interior. En la práctica se habla de varias fases o etapas:

- La pre fermentación correspondiente a la elaboración de la masa madre o de la esponja en los métodos indirectos.
- La fermentación en masa, es el periodo de reposo que se da a la masa desde que finaliza el amasado hasta que la masa se divide en piezas. Es una etapa larga en la panificación francesa y en algunas elaboraciones españolas como la chapata gallega, pero es muy corta o inexistente en las elaboraciones mecanizadas del pan común.
- La fermentación intermedia, es el periodo de reposo que se da a la masa en las cámaras de bolsas tras el boleado y antes del formado.
- La fermentación final o fermentación en piezas es el periodo de reposo que se da a las piezas individuales desde que se practicó el formado hasta que se inicia el horneado del pan. Esta fase suele realizarse en cámaras de fermentación climatizadas a 30 °C y 75 por ciento de humedad durante 60 a 90 min, aunque los tres parámetros pueden variar según las necesidades del panadero.

Corte

Operación intermedia que se hace después de la fermentación, justo en el momento en que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas. Su objetivo es permitir el desarrollo del pan durante la cocción.

Cocción

Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza. La cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde los 220 a los 260 °C, aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100 °C. Los hornos utilizados en panadería pueden ser continuos (hornos de túnel), cuando es posible alimentarlos con una secuencia ilimitada de piezas, o discontinuos cuando una vez cargados con la totalidad de las piezas hay que esperar a que se cuezan para sacarlas e introducir una nueva carga (hornos de solera, hornos de pisos, hornos de carros, etc.). Tras la cocción y enfriamiento el pan está listo para su consumo, aún así el proceso completo puede que conlleve rebanado y/o empaquetado.

2.5 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS CEREALES

2.5.1 CARBOHIDRATOS INSOLUBLES (FIBRA DIETÉTICA)

La importancia de la fibra dietética radica en que afecta las funciones gastrointestinales y en algunas ocasiones como agente terapéutico para control de peso, diabetes, hipercolesteremia e hipertensión (Othón y Saldivar 1996).

La fibra dietética insoluble, conformada por celulosa y hemicelulosa insoluble incrementa el tránsito intestinal y baja la posibilidad de contraer cáncer en el tracto gastrointestinal, además tiene la propiedad de ligar agentes carcinógenos dando menos oportunidad a que los mismos se queden en el tracto digestivo. Una dieta alta en fibra dietética insoluble, además de contener menos energía digestible, disminuye la incidencia de diabetes, obesidad, problemas de constipación y enfermedad diverticular o hemorroides. Un alto consumo de fibra insoluble beneficia a los diabéticos ya que reduce la difusión de la glucosa a través de la mucosa intestinal y baja la tasa de secreción de la insulina (Othón y Saldivar 1996).

La fibra dietética soluble, conformada por pectinas, pentosanos, b-glucanos y hemicelulosa soluble, tiene otros efectos en la salud. Este tipo de fibra es susceptible a ser degradada por la microflora del tracto gastrointestinal causando importantes cambios en el pH luminal. Su consumo ha sido asociado con una mayor excreción de sales biliares y de colesterol. Una baja en los niveles de colesterol sanguíneo está asociada con una disminución en la incidencia de arteriosclerosis, alta presión, ataques cardíacos y embolias cerebrales. La avena, cebada y centeno son considerados como los cereales más ricos en fibra dietaria soluble (Othón y Saldivar 1996).

2.5.2 PROTEÍNA

Los cereales proveen aproximadamente el 50 por ciento de consumo mundial de proteína. Este nutriente ha sido sujeto a una mayor cantidad de estudios de carácter nutritivo. Esto debido a que no toda la proteína es totalmente digestible, está conformada por diferentes fracciones proteicas y presenta una deficiencia en la composición de aminoácidos esenciales que no satisface el requerimiento humano.

Calidad de la proteína

Según Nestlé, citado por Castro (1992) la calidad de una proteína está referida a la utilización de la misma; es decir, la habilidad de proveer en concentraciones apropiadas a un patrón de aminoácidos similar a la proteína presente en el cuerpo. Está en función de los aminoácidos esenciales, por lo tanto juegan un papel importante en la determinación del valor nutritivo. El propósito de una dieta proteica es proveer un patrón de aminoácidos apropiados para la síntesis de la misma dentro del organismo requiriendo por lo tanto un aminograma balanceado (Bender, citado por Castro 1992).

La calidad de la proteína se determina en base al score químico, es decir tomando en consideración la composición química de aminoácidos en comparación con el patrón de la FAO (Potter, citado por Castro 1992).

2.5.3 REQUERIMIENTOS PROTEICOS Y DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES

Un aminoácido esencial se define como aquel que no puede ser sintetizado en el cuerpo humano o que no es producido en cantidades suficientes para sostener un crecimiento normal. Los cereales se consideran como buena fuente de aminoácidos azufrados, mientras que en la mayoría de leguminosas es el aminoácido más limitante.

El valor nutritivo de una proteína depende principalmente de la cantidad que contiene de cada uno de los aminoácidos esenciales, de la digestibilidad de la proteína y de la cantidad de factores antinutritivos que ese alimento pueda contener. En el Cuadro 13 se menciona el contenido de aminoácidos esenciales en el trigo

La proteína de los cereales es altamente digestible dado a que aproximadamente el 85 por ciento desaparece en el tracto intestinal.

Cuadro 13: Contenido de aminoácidos esenciales de trigo

AMINOÁCIDO	TRIGO (g AMINOÁCIDO/16 g DE NITRÓGENO)
Isoleucina	4,3
Leucina	6,7
Lisina	2,8
Metionina	1,3
Fenilalanina	4,9
Treonina	2,9
Triptófano	1,2
Valina	4,6

FUENTE: Tomado de Repo-Carrasco, citado por Moncada 2007

La suplementación de dietas basadas en cereales con la leche, carne, pescado, huevo y las proteínas de leguminosas hace que la proteína de los cereales se aproveche mejor.

En el Cuadro 14 se presentan los requerimientos de aminoácidos esenciales en el adulto.

Cuadro 14: Requerimiento de aminoácidos esenciales para adultos

AMINOÁCIDOS	mg/g PROTEÍNA (A)	mg/g PROTEÍNA (B)
Histidina	15	15
Isoleucina	15	30
Leucina	21	59
Lisina	18	45
Metionina + cistina	20	22
Fenilalanina + Tirosina	21	38
Treonina	11	23
Triptófano	5	6
Valina	15	39
Total de aminoácidos indispensables	141	277

FUENTE: (a) FAO/WHO/UNU (1985) y (b) FAO/WHO/UNU (2007)

2.5.4 VITAMINAS

Los cereales son considerados como una importante y buena fuente de las vitaminas del complejo B. Estas vitaminas se encuentran principalmente concentradas en la capa de la aleurona, por lo que su remoción puede llegar a causar deficiencias como el beriberi, endémico en Asia, que prevalece entre los consumidores de arroz blanco (Dendy y Dobraszczuk 2001).

2.5.5 EFECTO DEL PROCESAMIENTO EN EL VALOR NUTRITIVO

El hombre no consume los cereales en la forma en que los obtiene del campo, usualmente se procesan en una amplia gama de productos alimenticios antes de llegar a la boca del consumidor.

La mayoría de ellos son sometidos a algún proceso de molienda para producir harinas, granillos, salvado. En este proceso de refinación, donde generalmente se remueve el pericarpio y germen, ocurren cambios importantes en el valor nutritivo. El malteo y la fermentación mejoran la calidad y digestibilidad de la proteína. La fermentación mejora la calidad proteica vía un aumento en la tasa de digestibilidad y síntesis *de novo* de la lisina por los microorganismos fermentadores (Dendy y Dobraszczyk 2001).

Procesos de molienda

De la decorticación resultan importantes pérdidas de lisina y otros aminoácidos esenciales. La producción de una harina de grado convencional de trigo resulta en la pérdida de aproximadamente 1–1,5 por ciento de proteína y 20 por ciento de lisina.

2.6 EVALUACIÓN 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 (Ureña *et al.*, citado por Saavedra 2005).

Las pruebas sensoriales pueden describirse y clasificarse de diferentes formas: En pruebas afectivas (orientadas al consumidor) y en pruebas analíticas (orientadas al producto).

Las pruebas empleadas para determinar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos alimenticios se conocen como pruebas orientadas al consumidor. Las pruebas empleadas para determinar las diferencias entre productos o medir las características sensoriales se conocen como pruebas orientadas al producto (Watts *et al.*, citado por Valderrama 2003).

Las pruebas afectivas incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado que gusta el producto). Estos análisis se llevan a cabo con panelistas no entrenados (Watts *et al.*, citado por Valderrama 2003).

Las pruebas analíticas son únicamente utilizadas en el laboratorio de alimentos y requieren de panelistas entrenados. Las pruebas discriminativas son aquellas en que se desea establecer si hay diferencias o no entre dos o más muestras y en algunos casos se desea conocer la magnitud o la importancia de esa diferencia (Lormond, citado por Valderrama 2003).

Las pruebas descriptivas tratan de definir las propiedades de los alimentos y forma de medir objetivamente para conocer cuál es la magnitud o la intensidad de los atributos de los alimentos (Amerine, citado por Valderrama 2003).

La información obtenida por el análisis sensorial puede usarse para mantener y mejorar la calidad, investigación y el desarrollo de diferentes productos, investigación de mercado, evaluación de los efectos de procesamiento, corroborar y relacionar los resultados entre el análisis sensorial con los análisis físicos, químicos y microbiológicos, evaluar calidad de producto y la sustitución de los ingredientes (Macedo, citado por Valderrama 2003).

Luego de obtenida la información, los resultados del análisis son interpretados usando los procedimientos estadísticos adecuados. Así para la prueba de preferencia se utilizará un análisis binomial de dos extremos, para lo cual se debe consultar tablas ya preparadas (Valderrama 2003).

2.6.1 DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

Algunos productos nuevos pueden ser únicos (no hay prototipos), pero generalmente son imitaciones o variaciones de otros ya establecidos. En cualquier caso el desarrollo del producto necesita información de los atributos sensoriales (análisis descriptivo) y de la relativa aceptabilidad de prototipos experimentales (análisis afectivos), con lo que se podrá establecer los criterios más adecuados para una comercialización exitosa.

Las pruebas afectivas son instrumentos eficaces para tal propósito, pues con ellas se podrá medir la aceptación del producto experimental por parte de los consumidores potenciales y proyectar su posible comercialización. Con las sugerencias recogidas en tales eventos se puede ir mejorando las características organolépticas y de presentación del producto así como planificando la formulación de otros nuevos productos (Ureña *et al.*, 1999 citado por Saavedra 2005).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de calidad del PIPS en Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina y el laboratorio de GRANOTEC PERU S.A.

3.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Materia prima

Se utilizó la harina flor de trigo importada proporcionada por la empresa “El Gran Molino”, harina Integral de trigo nacional proveniente de Valle del Mantaro (VM) 12B-13A y la harina flor de trigo nacional variedad centenario proveniente de Valle del Mantaro (VM) 12B-13A. Adicionalmente, se utilizaron las harinas integrales de centeno y triticale, provenientes de Valle del Mantaro (VM) 12B-13A respectivamente, en sustituciones de 10 por ciento, 20 por ciento y 30 por ciento.

- Insumos

Para la elaboración del pan se emplearon: Azúcar, sal refinada de uso doméstico, manteca, agua, levadura fresca multipropósito marca Fleischmann (*Saccharomyces cerevisiae*), aditivos: Granomix Bakery Plus (enzimas + oxidantes) y Granoemul Bakery Plus (complejo emulsionante).

3.3 EQUIPOS Y MATERIALES

Se utilizaron los siguientes equipos:

- Alveo-consistógrafo Chopin ®, Francia
- Reofermentómetro Chopin f4 ®, Francia
- horno eléctrico estático Eurofours ®, España
- Analizador de granos Foss ® Infratec 1241, Dinamarca
- Molino Foss ® Tecator Cyclotec 1093 sample mil, Dinamarca

- Analizador halógeno de humedad Mettler Toledo ® he73 230v, Suiza
- Balanza analítica Mettler Toledo ® me, Suiza
- Balanza electrónica de precisión Mettler Toledo ® me, Suiza
- Glutomatic sistem perten ®: Glutomatic 2200, Centrifuga 2015 y Glutork, Suecia
- Equipo de Falling Number Perten ® fn 1500, Suecia
- Equipos para la digestión y destilación macro Kjeldahl: Turbosog, Turbotherm tt125 y Vapodest vap 200 marca Gerhardt ®, Alemania
- Horno mufla marca Thermo Scientific ® modelo bf, Alemania
- Mixógrafo de Swanson, Lincoln, ne, Estados Unidos
- Volumenómetro de pan Tripette & Renaud ®, Villeneuve la Garenne, Francia

3.4 MÉTODO DE ANÁLISIS

3.4.1. ANÁLISIS QUÍMICO

Se evaluaron las harinas de trigo nacional, centeno, triticale y sus respectivas mezclas:

Proteínas, se realizó según el método de Macro Kjeldahl (AOAC 1998); el nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido sulfúrico estandarizado. Se utilizaron los factores 5,7 y 6,25 para el trigo y las harinas sucedáneas (centeno y triticale) respectivamente.

Humedad, se realizó según el método AACC 44-11.01 (AACC 2000), el cual se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de peso, hasta que la muestra se sitúe a peso constante.

Contenido de Cenizas, se realizó calcinando el producto en una mufla a temperatura de 530 °C por 20 horas, mediante el cual se destruye la materia orgánica, existiendo perdidas por volatilización, por conversión e interacción entre los constituyentes químicos y obteniéndose un residuo inorgánico (AACC (2000), método 08-01).

Gluten húmedo, gluten seco e índice de gluten (Se determinó en un equipo llamado Glutomatic, siguiendo el método oficial AACC 38-12 (AACC 2000), el cual se encuentra en el anexo 8.

Volumen de Sedimentación, se realizó según el método AACC 56-60 (AACC 2000) cuyo principio de medición se basa en la capacidad de las proteínas de la harina de hincharse en un medio ácido. La harina para análisis, se suspende en una disolución de ácido láctico y propan-2-ol en presencia de un colorante. Tras los tiempos de agitación y reposo indicados, el volumen del sedimento obtenido corresponde a la sedimentación de las partículas de harina.

Falling Number, se determinó en el equipo de Falling Number, siguiendo el método oficial AACC 56-81 (AACC 2000), en el cual se mide indirectamente la actividad de la alfa amilasa utilizando como soporte el almidón de la muestra, esta enzima rompe las cadenas del almidón dejando la glucosa libre para que la levadura tenga alimento.

3.4.2. ANÁLISIS REOLÓGICO DE LAS HARINAS Y SUS MEZCLAS CON CENTENO Y TRITICALE

Tiempo de desarrollo de las masas, se determinó en el Mixógrafo, por el método AACC 54-40.02 (AACC 2000), el cual es el tiempo que tarda la masa en alcanzar su máxima consistencia.

Altura de desarrollo de las masas, se determinó en el Mixógrafo, por el método AACC 54-40.02 (AACC 2000), es la distancia entre la línea base y la línea media en el momento de máxima altura.

Tenacidad, se determinó en el Alveo-Consistógrafo, por el método AACC 54-30.02 (AACC 2000), mide la resistencia que opone la masa a la rotura.

Extensibilidad, se determinó en el Alveo-Consistógrafo, por el método AACC 54-30.02 (AACC 2000), mide la capacidad de la masa para ser estirada.

Fuerza Panadera, se determinó con el Alveo-Consistógrafo, por el método AACC 54-30.02 (AACC 2000), indica el trabajo necesario para deformar una lámina de masa empujada por aire hasta su rotura.

Relación entre tenacidad y extensibilidad, se determinó en el Alveo-Consistógrafo, por el método AACC 54-30.02 (AACC 2000), indica el equilibrio entre la tenacidad y la extensibilidad.

3.4.3. ANÁLISIS FÍSICO

Se evaluaron los panes luego de ser enfriados.

Peso, se realizó después de elaborado el pan, por pesado directo en una balanza de precisión con una resolución de 0,1 g., mediante el método 10-09,01(AACC 2000).

Volumen, se determinó mediante el desplazamiento de semillas de mostaza en una caja metálica mediante el método 10-05.01 (AACC 2000). Es considerado el parámetro más importante en la evaluación de la calidad panadera (Weegels *et al.*, citado por Islas *et al.* 2005).

Altura, se determinó midiendo desde la base del pan hasta el punto más alto, mediante el método 10-09,01(AACC 2000).

Textura, se determinó mediante el método 10-09,01(AACC 2000).

Color de miga, se inició a caracterizar dos horas después de sacado del horno.

3.4.4. ANÁLISIS SENSORIAL

Se empleó la prueba del grado de satisfacción (Anzaldúa-Morales 1994) para evaluar el tratamiento óptimo con mayor aceptabilidad usando una escala hedónica de 5 niveles:

Me gusta mucho	5
Me gusta	4
Me es indiferente	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

La prueba afectiva empleada no requirió de panelistas entrenados, la selección de panelistas tuvo como requisito que fueran consumidores del tipo de producto. Se conformó un grupo de 30 consumidores de ambos sexos de edades entre 20 y 42 años que pertenecían a la empresa Granotec y a la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. La cartilla de los jueces se encuentran en el Anexo 1.

Las calificaciones de los productos fueron sometidos a un análisis de varianza y se procedió con la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$

3.5 METODOLOGÍA

Previo al trabajo de elaboración de los panes se realizó la evaluación fisicoquímica del trigo centenario, centeno y triticale, luego la molienda de la misma, se procedió a la preparación de las mezclas de harinas (trigo+ triticale, trigo+ centeno) en sustituciones de 10, 20 y 30 por ciento para luego evaluarlas.

3.5.1 MOLIENDA DEL GRANO DE TRIGO CENTENARIO, CENTENO Y TRITICALE

- Limpieza y Selección

Se realiza para eliminar contaminantes como piedras, tierra, paja o semillas de otros cereales, basándose en diferencias de tamaño, forma, densidad o resistencia al aire; empleando seleccionadoras con mallas de 2.2 y 2.5 mm de abertura.

- Acondicionamiento

Consiste en añadir agua al cereal, de esta manera se refuerza la fibra, evitando que se rompa en multitud de fragmentos pequeños, aumenta la humedad del endospermo y facilita la molienda al ablandarlo, hasta llegar a niveles de humedad entre 14 y 16 por ciento. El tratamiento de acondicionamiento depende también del contenido de humedad del grano de trigo, se deja equilibrar la humedad del grano de trigo por un periodo de 18–24 horas.

En el caso del centeno es suficiente con unas 6 horas de acondicionamiento después de haber agregado agua para que alcance 15 por ciento de humedad, porque los granos son blandos y la penetración del agua es muy rápida (Hoseney, citado por Mellado 2008). El porcentaje de agua que se debe aplicar al grano corresponde a la diferencia entre la humedad final (Hf) menos la humedad inicial (Hi). Para determinar ese porcentaje de agua se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{Agua en litros} = (H_f - H_i) / (1 - H_f)$$

- Molienda

Se encarga de la transformación del endospermo en harina. Se utilizó el molino de rodillos Brabender Quadrumat Junior, siguiendo el método oficial AACC 26-50,01 (AACC 2000) y uno de impacto Cyclotec (Tecator). Entre los productos que se obtuvieron del trigo nacional se encontraron el salvado, el granillo y la harina. Del triticale y del centeno se obtuvo también harina integral.

3.5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LAS MEZCLAS DE HARINAS TRIGO, CENTENO Y TRITICALE

En la Figura 6 se observa el diseño experimental tipo DCA para la elaboración de pan con sustitución parcial de mezclas de harina de centeno y triticale en la harina flor de trigo nacional e importado y en la harina integral nacional.

MATERIA PRIMA	PESADO (NIVEL DE SUSTITUCIÓN)	PAN	PAN PREFERIDO
	1 = 100% T1 2 = 90% T1 : 10% HCi 3 = 80% T1 : 20% HCi 4 = 70% T1 : 30% HCi 5 = 90% T1 : 10% HTi 6 = 80% T1 : 20% HTi 7 = 70% T1 : 30% HTi 8 = 100% T2 9 = 90% T2 : 10% HCi 10 = 80% T2 : 20% HCi 11 = 70% T2 : 30% HCi 12 = 90% T2 : 10% HTi 13 = 80% T2 : 20% HTi 14 = 70% T2 : 30% HTi 15 = 100% T3 16 = 90% T3 : 10% HCi 17 = 80% T3 : 20% HCi 18 = 70% T3 : 30% HCi 19 = 90% T3 : 10% HTi 20 = 80% T3 : 20% HTi 21 = 70% T3 : 30% HTi		
CONTROLES	CONTROLES	PAN TIPO MOLDE	
Pruebas fisico-químico Gluten húmedo, Gluten Seco, Falling Number, Proteína, Humedad, Ceniza, Volumen sedimentación Pruebas reológicas: Tiempo de Desarrollo, Tenacidad (P), Extensibilidad (L), Fuerza panadera, Relación P/L	Pruebas fisico-química: Gluten húmedo, Gluten seco, Falling Number, Proteína, Humedad, Ceniza, Volumen de sedimentación Pruebas reológicas: Tiempo y Desarrollo de las masas, Tenacidad, Extensibilidad, Fuerza panadera, Relación entre tenacidad y extensibilidad	Pruebas físicas Ancho, Volumen, Masa, Altura Análisis sensorial Color de miga, Olor de pan, Sabor, Textura	

T1: Harina flor de trigo importado, T2: Harina Integral de trigo nacional (Centenario), T3: Harina flor trigo nacional (Centenario).

HCi: Harina de centeno integral, HTi: Harina de triticale integral

Figura 6: Diseño experimental para la elaboración de pan con sustitución parcial de harina importada, integral, flor nacional con harina de centeno y triticale.

3.5.3 ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PANES.

- Determinación de la formulación

En el Cuadro 15 se observa la formulación elaborada por la empresa Granotec Peru S. A., a la cual se adicionó 0,4 g/Kg harina de Granomix Bakery Plus (enzimas + oxidantes) y 50 g/Kg harina de Granoemul Bakery Plus (complejo emulsionante).

Cuadro15: Formulación base para pan de tipo molde

INSUMOS	CANTIDAD (g/ml)	CANTIDAD (%)
Harina	1000	100
Levadura fresca	30	3
Sal	15	1,5
Azúcar	120	12
Manteca	100	10
Agua (ml)	510	51
TOTAL	1775	177,5

- Procedimiento de panificación

Se aplicó el método de masa directa, mostrado en la Figura 7. Luego del pesado de los insumos, de acuerdo a las sustituciones en estudio, se procedió con las siguientes etapas:

Amasado

El amasado se realizó en una mezcladora-amasadora, a la primera velocidad por 11 min. Se agregaron los ingredientes secos como la harina, azúcar y sal; posteriormente se adicionó la levadura fresca y finalmente la manteca. Se agregó agua a la segunda velocidad hasta que los ingredientes quedaron homogéneos, percibiéndose elasticidad adecuada de la masa, se amasó de tal forma que se produjo un estiramiento repetido (elasticidad). Esta es una etapa muy importante puesto que la calidad de la masa influye en las siguientes operaciones. La masa no deberá estar muy “dura” porque esto dificultará su cortado posterior y si es muy “aguada” será difícil de obtener la forma deseada.

Moldeado

Se dio forma a la porción de masa (475 g), colocando el trozo formado en el molde sin tapa, previamente fue engrasado ligeramente con grasa.

Fermentación

Se llevó a la cámara de fermentación 32 °C y 75-80 por ciento de humedad relativa, durante un tiempo de 2 horas. El crecimiento de la masa se obtuvo al cabo de este tiempo. Es importante el control de la temperatura y humedad ya que en otro caso se puede producir una textura irregular en el pan de molde acabado producido por el ritmo desigual de la producción de gas.

Horneado

Una vez que la masa creció por la fermentación hasta dos tercios, se introdujo en el horno. Esta es la etapa de cocción del pan, el horneado se dio durante 35-40 minutos con una temperatura de 170 °C.

Enfriado, Desmoldado y Rebanado

Una vez que salió del horno se puso en reposo el pan de molde con la finalidad de un enfriamiento por 30 minutos aproximadamente, luego se realizó un desmoldado con un enfriamiento posterior de 2 horas a temperatura ambiente, finalizando con el rebanado respectivo.

- Evaluación de los panes

Los panes elaborados con las diferentes sustituciones de trigo/centeno y trigo/triticale se evaluaron a través del peso, volumen, color de miga, textura, siguiendo la metodología de la AACCC (2000); evaluación sensorial con la prueba de satisfacción utilizando una escala hedónica.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un Análisis de Varianza y la comparación de harina de centeno y triticale se realizó por medio de una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$) utilizando el programa estadístico SAS; con la finalidad de realizar un ordenamiento de valores promedios de mayor a menor con respecto a la variable en estudio.

Todos los ensayos se hicieron con tres repeticiones.

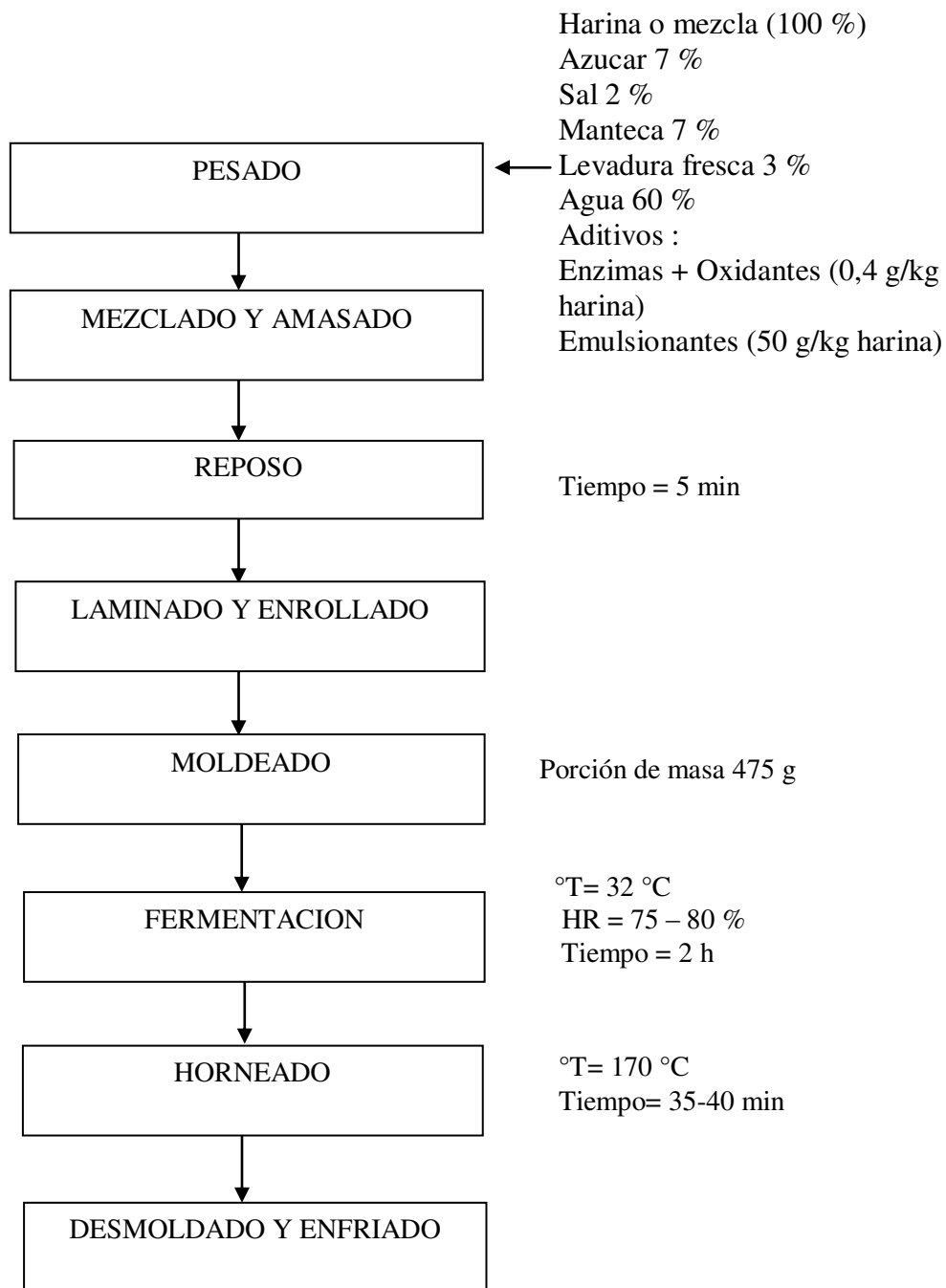


Figura 7: Diagrama de flujo para la elaboración de pan tipo molde por el método directo

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS HARINAS TESTIGO

En el Cuadro 16 se presentan en promedio los valores de los análisis físico-químicos de la harina importada, integral y flor nacional.

Cuadro 16: Análisis físico-químico de harinas flor de trigo importado, integral y flor nacional

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	HARINA FLOR DE TRIGO IMPORTADA	HARINA INTEGRAL DE TRIGO NACIONAL	HARINA FLOR DE TRIGO NACIONAL
Ceniza (%)	0,61±0,006 i	1,51±0,012 d	0,55±0 m
Proteína (%)	11,05±1,51 ab	11,71±1,67 a	8,52±0,46 cde
Gluten Húmedo (%)	29,33±1,79 a	20,53±1,74 bcdef	25,07±0,2 abc
Gluten Seco (%)	10,94±0,59 a	7,48±0,19 bcdefgh	9,12±0,05 abcd
Humedad (%)	11,19±0,26 abcd	9,23±0,37 f	11,19±0,65 abcd
Falling Number (s)	435,67±4,51 a	434,67±5,51 a	410,67±1,53 a
Volumen de Sedimentación (ml)	23	26,5	34

Islas *et al.* (2005) mencionan que el contenido de cenizas en la harina indica la eficiencia de la molienda del grano y además afecta al color de la misma; entre menor sea la remoción de pericarpio del grano durante la molienda, los valores de cenizas serán más altos y la harina presentará una coloración más oscura; en el Cuadro 16 los valores promedio estuvieron entre 0,55 a 1,51 por ciento; por lo que se observa que se incrementa con el nivel de extracción.

Los valores promedio del contenido de ceniza de la harina flor importada y nacional fueron de 0,61 y 0,55 por ciento, respectivamente, los cuales coinciden con los valores reportados por Salazar y Marcano (2011). En cuanto a la harina integral de trigo nacional se observa un valor promedio de 1,51 por ciento, lo cual se puede explicar por el incremento en el contenido de la capa aleurona y de pericarpio (Liu *et al.*, citados por Juarez *et al.* 2014), además Salazar y Marcano (2011) mencionan que es un factor importante el hecho de ser una harina poco refinada, lo que evidencia el mayor aporte de minerales.

Con respecto al contenido de proteína, Pomeranz, citado por Islas *et al.* (2005) menciona que se correlaciona con casi todas las propiedades de la harina, como el requerimiento de agua para el amasado, tolerancia al amasado, características de manejo, requerimiento de oxidación, volumen de pan, y aún las características de la miga. La harina de trigo integral presentó mayor contenido de proteína (11,7 por ciento) que la harina flor importada (11 %) y nacional (8,5 %), De la Vega (2009) menciona que en el grano de trigo existen dos grupos de proteína los cuales son los pertenecientes al gluten y los no pertenecientes al gluten; las proteínas del gluten se encuentran en el endospermo del grano de trigo maduro donde forman una matriz continua alrededor de los gránulos de almidón, mientras que las proteínas no pertenecientes al gluten principalmente se encuentran en las capas externas del grano de trigo y en bajas concentraciones en el endospermo.

El contenido de Gluten Húmedo y Seco se encuentra en la clasificación de normal (28,5–34,5 % y 9,5-11,5 %) para la muestra de harina flor de trigo importada, mientras que la harina flor de trigo nacional presenta un contenido de gluten húmedo bajo (21-25,5 %) y limitado de gluten seco (8,5-28,5 %), además la harina integral nacional con un 20,53 por ciento de gluten húmedo y 7,4 por ciento de gluten seco se caracteriza por estar en un nivel muy bajo (menor a 21 %) y bajo (7-8,5 %), respectivamente según Calaveras (2004).

Las muestras de harina flor de trigo importado y nacional presentan valores de humedad muy semejantes (11,19 %) y mayores que la harina integral de trigo nacional (9,22 %).

Con respecto a la prueba del Falling Number o Numero de caída Calaveras (2004) indica que es el número de segundos que dura una prueba y mide indirectamente la actividad de la alfa amilasa, que es la fuerza de la enzima para licuar el gel del almidón y es importante en la producción de gas para la fermentación (Magaña *et al.* 2009).

Las harinas con índices superiores a 300 s, dan origen a masas con dificultad para fermentar (Gomez e Ibañez, 2012). Todas las variedades tuvieron valores de número de caída similar y superior a los 300 s, por lo que se considera que las harinas evaluadas son aptas para productos no fermentables.

El volumen de sedimentación, para el tipo de harina de trigo nacional disminuyó conforme aumentaba el nivel de extracción, los valores promedio estuvieron en el rango de 26,5 y 34 ml para la harina integral y flor nacional respectivamente, Quaglia (1991) menciona que los valores de sedimentación nos permiten obtener, aunque sea aproximada, una medida de la calidad panificable de una harina, además Espitia *et al.* (2008) agrega que el volumen de sedimentación mide la fuerza general de la masa, a mayor volumen mayor fuerza, por lo que se coincide al observar los valores de fuerza panadera del Cuadro 17, en el que la harina integral y flor nacional presentan los valores de 184 y 365×10^{-4} J respectivamente. Por otro lado, Gomez e Ibañez (2012) indican que el valor de sedimentación de la industria molinera es de 40 ml.

4.2 ANÁLISIS REOLÓGICO DE LAS HARINAS TESTIGO

En el Cuadro 17 se presentan los análisis reológicos de la harina importada, harina integral y flor nacional.

La harina de trigo importado e integral de trigo nacional reportaron valores de tiempo de desarrollo de 3,3 y 3,7 minutos respectivamente; es decir, un tiempo aceptable según Calaveras (2004), por lo que se pueden considerar como harinas fuertes (Sandoval *et al.* 2012). En una harina muy fuerte, este período puede ser notablemente largo y es posible que esté relacionado con la alta calidad del gluten o también con la velocidad de absorción de agua por parte de la misma (Pantanelli, citado por Sandoval *et al.* 2012). Por otro lado, la harina de trigo nacional analizada presenta un valor de 1,59 minutos por lo que Calaveras (2004) menciona que una masa con un tiempo de desarrollo muy corto (1,5 min) será más extensible, menos elástica y menos estable.

Cuadro 17: Análisis reológico de harinas flor de trigo importado, integral y flor nacional

ANÁLISIS REOLÓGICO	HARINA FLOR DE TRIGO IMPORTADA	HARINA INTEGRAL DE TRIGO NACIONAL	HARINA FLOR DE TRIGO NACIONAL
Tiempo de desarrollo de la masa (min)	3,30±0,35 abcde	3,72±0,35 abcd	1,59±0,35 efg
Altura de desarrollo de la masa (cm)	9,67±0,78 ab	9,27±0,78 ab	6,7±0,78 ab
Tenacidad (mm)	129	170	121
Extensibilidad (mm)	43	24	71
Fuerza Panadera ($\times 10^{-4}$ J)	246	184	365
Relación Tenacidad – Extensibilidad	3,03	7,08	1,72

Con el Cuadro 16 y 17 se observa que el tiempo de desarrollo está relacionado con el contenido de proteína, en la harina nacional a medida que disminuye el porcentaje de proteína, también disminuye su tiempo de desarrollo; por lo que Calaveras (2004) agrega que por cada punto por debajo del 12 por ciento de proteína, el tiempo de desarrollo decrece.

Los valores de Fuerza panadera son mayores en la harina flor importada (246×10^{-4} J) y nacional (365×10^{-4} J), a comparación de la harina integral (184×10^{-4} J), Espitia *et al.* (2008) mencionan que a mayores valores mayor fuerza, valores menores a 200 caracterizan a trigos de gluten débil, valores entre 200 y 300 corresponden a trigos de gluten medio fuerte, y valores mayores a 300 caracterizan a trigos de gluten fuerte; por lo que se puede inferir la harina flor importada presenta trigos de gluten medio fuerte, la harina integral nacional presenta gluten débil y la harina flor nacional presenta gluten fuerte.

La relación de Tenacidad – Extensibilidad es utilizada como indicadora del volumen del pan (Islas *et al.*, citado por Magaña *et al.* 2011), en el Cuadro 17 se observan valores mayores a 1 para el respectivo análisis, lo que corresponde a una harina muy tenaz o de mucha fuerza, la cual impide un buen levantado de la masa por lo que se destinan a la elaboración de pastas extrusionadas (Mesas y Alegre 2002).

Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad centenario presenta un contenido de P/L de 2,33 en el laboratorio se obtuvo un valor de 1,72, el cual se diferencia al mencionado por el autor; sin embargo, Salomón *et al.* (2013) agrega que la relación P/L es de importancia para la industria ya que un valor de 1 o cercano a 1 indica que se trata de una harina capaz de generar masas equilibradas, ni muy extensibles ni muy tenaces, favorables para lograr un buen comportamiento en panificación. Gomez e Ibañez (2012) mencionan que los valores ideales se encuentran en un rango entre 0,75 y 1,25, presentando la harina de trigo importado con un valor de 1,30; sin embargo, en el Cuadro 18 se observa un valor de 3,03 para la harina importada por lo que Pomeranz citado por Islas *et al.* (2005) agrega que una limitación sería del alveógrafo que utiliza una absorción fija de agua, lo cual parece satisfactorio con harinas débiles pero da resultados erráticos con harinas fuertes de alta absorción de agua, por lo que los valores nos servirá de referencia para las siguientes evaluaciones.

4.3 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE MEZCLAS DE HARINA

En el Cuadro 18 se presentan en promedio los valores de los análisis físico-químicos de las harinas de trigo importado, integral y flor nacional con las diferentes sustituciones de la harina de centeno y triticale.

4.3.1 CENIZA

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de ceniza de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo importado aporta un valor de 0,61 por ciento al cual se agregan las cenizas de las harinas de los sucedáneos en función a los niveles de sustitución 10, 20 y 30 por ciento. Se puede apreciar un incremento en el contenido de cenizas a medida que aumenta el nivel de sustitución con las harinas de centeno y triticale, siendo mayor en el caso de la harina de centeno que alcanza el valor más alto (1,06 %) en el nivel de 30 por ciento. La mezcla con harina integral de triticale presenta un menor valor de cenizas incrementándose en los niveles de sustitución de 0,85 (20 %) y 0,98 (30 %).

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de cenizas fuera del T4, presentando diferencias significativas con los tratamientos T7, T2, T6, T3, T5; por otro lado, T7 y T3 son similares estadísticamente entre ellos.

También en el Cuadro 18 se presentan los resultados de ceniza de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional tiene un contenido de cenizas de 1,51 por ciento el cual se incrementa a medida que se incrementa el nivel de sustitución con las harinas de los sucedáneos. Se observa que a un nivel de sustitución con 10 por ciento de harina de triticale el contenido de ceniza alcanza un valor de 1,64, mientras que con la harina de centeno se llega a 1,55. Al sustituir con 20 por ciento y 30 por ciento los valores de cenizas son muy cercanos, presentándose el contenido máximo en la sustitución de 30 por ciento con 1,72 y 1,69 por ciento para las mezclas de harina de centeno y triticale respectivamente, al igual que en el caso anterior la mezcla con harina de centeno al 30 por ciento es la que presenta mayor contenido de ceniza.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de ceniza lo obtuvo el tratamiento T11, además T11 y T14 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T13, T10, T9, T12. Este resultado se asemeja a lo mencionado por Tejero (2012) que manifiesta que para las harinas integrales el contenido de ceniza recomendable debe estar entre 1,5 y 2,3 por ciento. Calaveras (2004) indica que una harina con 100 por ciento extracción presenta un valor de 1,5 por ciento a mas de cenizas, en la figura 2 se observa que las mezclas de harinas se encuentran en un rango de 1,55 a 1,72 por ciento, el cual se asemeja a lo mencionado por los autores.

Asimismo en el Cuadro 18 se presentan los resultados de ceniza de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional tiene un contenido de cenizas de 0,55 por ciento el cual aumenta a medida que se incrementa el nivel de sustitución. Las sustituciones con las harinas sucedáneas tienen un comportamiento similar, ya que a medida que aumenta la sustitución, el contenido de ceniza también aumenta. Las mezclas con harina de triticale presentan menor contenido de cenizas comparadas con la mezclas de harina de centeno, mostrando, esta última, un máximo valor de 1,12 al 30 por ciento de sustitución.

Cuadro 18: Análisis físico-químico de la harina flor de trigo importado, integral y flor nacional con harina de centeno y triticale

MUESTRAS DE HARINAS		CENIZA	GLUTEN HÚMEDO	GLUTEN SECO	HUMEDAD
T2	90 % H Importada + 10 % H Centeno	0,77±0,01 jk	27,937±0,51 ab	10,58±1,48 ab	11,26±0,15 abc
T3	80 % H Importada + 20 % H Centeno	0,96±0,02 gh	21,463±5,76 abcde	9,09±2,78 abcd	10,43±0,19 cde
T4	70 % H Importada + 30 % H Centeno	1,06±0,03 f	13,51±7,55 ef	5,22±2,91 gh	10,32±0,28 e
T5	90 % H Importada + 10 % H Triticale	0,78±0,02 j	20,67±1,19 bcdef	8,37±0,59 abcdefg	10,5±0,22 bcde
T6	80 % H Importada + 20 % H Triticale	0,85±0,011 i	19,123±1,07 cdef	7,22±0,34 cdefgh	11,35±0,07 a
T7	70 % H Importada + 30 % H Triticale	0,98±0,01 g	15,04±1,16 def	5,34±0,45 fgh	10,38±0,1 de
T9	90 % H Integral + 10 % H Centeno	1,55±0,023 d	19,84±1,51 cdef	7,22±0,39 cdefgh	9,31±0,02 f
T10	80 % H Integral + 20 % H Centeno	1,65±0,01 bc	14,25±1,18 ef	5,16±0,48 gh	9,34±0,29 f
T11	70 % H Integral + 30 % H Centeno	1,72±0,015 a	13,24±1,47 f	4,75±0,48 h	8,67±0,13 fg
T12	90 % H Integral + 10 % H Triticale	1,64±0,006 c	21,317±1,5 bcde	8,28±0,39 abcdefg	9,21±0,11 f
T13	80 % H Integral + 20 % H Triticale	1,67±0,026 bc	21,18±0,97 bcdef	7,73±0,35 abcdefgh	8,70±0,12 fg
T14	70 % H Integral + 30 % H Triticale	1,69±0,006 ab	15,66±2,37 def	5,83±0,83 efgh	8,29±0,072 g
T16	90 % H Flor + 10 % H Centeno	0,72±0,015 k	23,67±2,89 abc	8,55±1,22 abcdef	11,2±0,29 abcd
T17	80 % H Flor + 20 % H Centeno	0,92±0,006 h	22,66±0,52 abcd	9,04±0,65 abcde	11,32±0,17 ab
T18	70 % H Flor + 30 % H Centeno	1,12±0,011 e	15,37±1,18 def	5,97±0,74 defgh	10,53±0,4 abcde
T19	90 % H Flor + 10 % H Triticale	0,65±0,01 l	25,243±2,68 abc	9,69±0,47 abc	10,48±0,42 cde
T20	80 % H Flor + 20 % H Triticale	0,79±0,006 j	24,04±1,65 abc	8,60±0,3 abcde	10,89±0,09 abcde
T21	70 % H Flor + 30 % H Triticale	0,93±0,029 gh	19,467±0,48 cdef	6,97±0,26 cdefgh	10,82±0,2 abcde

«continuación»

MUESTRAS DE HARINAS		PROTEÍNA	F. NUMBER	VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN
T2	90 % H Importada + 10 % H Centeno	9,8467±0,46 abcde	330±1 b	28
T3	80 % H Importada + 20 % H Centeno	9,98±0,4 abcd	322±2 b	27
T4	70 % H Importada + 30 % H Centeno	10,65±1,22 abc	304,67±1,53 b	23,5
T5	90 % H Importada + 10 % H Triticale	7,99±0 de	197,67±2,52 c	23,5
T6	80 % H Importada + 20 % H Triticale	7,72±0,46 e	131,67±0,58 d	22
T7	70 % H Importada + 30 % H Triticale	7,72±0,46 e	113,67±1,53 ed	20,5
T9	90 % H Integral + 10 % H Centeno	10,38±0 abc	335±4 b	23
T10	80 % H Integral + 20 % H Centeno	10,25±0,23 abc	321,67±1,53 b	30
T11	70 % H Integral + 30 % H Centeno	10,06±0,42 abcd	325±3 b	33
T12	90 % H Integral + 10 % H Triticale	9,58±0,8 abcde	193,67±5,51 c	24
T13	80 % H Integral + 20 % H Triticale	8,52±0,46 cde	113,67±5,51 ed	29
T14	70 % H Integral + 30 % H Triticale	7,99±0,8 de	86,67±1,53 e	32
T16	90 % H Flor + 10 % H Centeno	9,05±0,46 bcde	344±22,54 b	25
T17	80 % H Flor + 20 % H Centeno	9,85±0,46 abcde	304,67±3,79 b	23
T18	70 % H Flor + 30 % H Centeno	9,85±0,46 abcde	205±60,6 c	21,5
T19	90 % H Flor + 10 % H Triticale	7,99±0 de	178±6 c	34,5
T20	80 % H Flor + 20 % H Triticale	7,99±0 de	128±6 ed	28
T21	70 % H Flor + 30 % H Triticale	7,99±0 de	116±1 ed	20

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de cenizas fue del T18, además T21 y T17 son similares estadísticamente entre ellos. Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad centenario presenta un contenido de cenizas de 0,54 por ciento, en el laboratorio se obtuvo un valor de 0,55 por ciento el cual se asemeja al mencionado por el autor.

A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey solo para los tratamientos con mayor valor debido a la cantidad de tratamientos (Figura 1, Anexo 3).

Además, en el Cuadro 18 se observa que a medida que aumenta el nivel de sustitución con la harina de centeno o triticale, el contenido de cenizas aumenta por lo que se evidencia un mayor aporte de minerales (Salazar y Marcano 2011).

4.3.2 GLUTEN HÚMEDO

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de gluten húmedo de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo importado tuvo un valor de 29,33 por ciento de gluten húmedo. En la curva de mezcla con centeno se observa que a medida que aumenta la sustitución el contenido de gluten húmedo disminuye, llegando a un valor de 13,51 por ciento para un 30 por ciento de sustitución. En la curva de triticale a un nivel de sustitución de 10 por ciento se observa una disminución de gluten húmedo a 20,67 por ciento, a medida que aumenta la sustitución con harina de triticale, disminuye el contenido de gluten húmedo, observando que a un nivel de sustitución de 30 por ciento se llega a 15,04 por ciento de gluten húmedo.

A un nivel de sustitución de 10 por ciento de harinas sucedáneas las mezclas presentan mucha diferencia en los valores de gluten húmedo, observándose un 27,94 para la mezcla con centeno y un 20,67 para la mezcla con harina de triticale. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de gluten húmedo fue del T2, además T2, T3 y T5 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T6, T7 y T4.

También en el Cuadro 18 se presentan los resultados de gluten húmedo de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional tiene un valor de 20,53 por ciento de gluten húmedo. Se

pueden observar valores de gluten muy diversos para los diferentes niveles de sustitución y para los diferentes sucedáneos, principalmente porque las harinas sucedáneas y la del trigo nacional integral tienen contenidos de fibra mayor al de una harina con extracción de 60 a 70 por ciento (harina flor). Para la sustitución con centeno se observa una disminución significativa del valor de gluten húmedo de 19,84 a 14,25 por ciento en los niveles de 10 al 20 por ciento de sustitución respectivamente. Empleando como sustituto a la harina de triticale, se aprecia un ligero incremento con la sustitución de 10 por ciento, presentando un valor de 21,32. En los niveles de 20 al 30 por ciento se observa una disminución de 21,18 a 15,66 por ciento de gluten húmedo, respectivamente. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido del gluten húmedo fue del T12, además T12, T13, T9, T14 y T10 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T11.

Asimismo en el Cuadro 18 se presentan los resultados de gluten húmedo de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas en el contenido de gluten húmedo. La harina de flor nacional tiene un valor de 25.1 por ciento de gluten húmedo. A medida que aumenta la sustitución, ambas curvas disminuyen su contenido de gluten húmedo. En la sustitución con 10 por ciento de harina de triticale se observa un ligero incremento del gluten hasta 25,24 y una disminución significativa de 24,04 a 19,47 en los niveles de 20 al 30 por ciento de sustitución respectivamente. Para la sustitución con harina de centeno se observa una ligera disminución al nivel de 10 por ciento (23,67), mientras que en los niveles de 20 y 30 por ciento se presenta una disminución significativa de 22,66 a 15,37 respectivamente. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de gluten húmedo fue del T19, además T19, T20, T16, T17 y T21 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T18. Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad centenario presenta un contenido de gluten húmedo de 27,77 por ciento, en el laboratorio se obtuvo un valor de 25.1 por ciento, el cual se diferencia al mencionado por el autor, esto debido probablemente al lugar de procedencia de la variedad Centenario.

Calaveras (2004) indica que la harina de media fuerza o panadera, presenta 27 por ciento de gluten húmedo, la mezcla de 90 por ciento de harina importada con 10 por ciento de harina de centeno presentan un valor de 27,937 por ciento el cual se asemeja al presentado por el autor. Las mezclas con harina de trigo integral muestran un menor valor comparado con la harina flor de trigo importada y flor nacional. Calaveras (2004) agrega que las

muestras con un gluten húmedo entre 24 y 26 por ciento se nombran como harinas flojas. Entre los resultados se observa que la sustitución de las harinas sucedáneas en la harina flor importada y nacional genera la disminución del gluten.

4.3.3 GLUTEN SECO

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de gluten seco de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo importado tuvo un valor de 10.94 por ciento de gluten seco. Empleando como sustituto a la harina integral de centeno, se aprecia una disminución de gluten seco de 10,58 a 5,22 por ciento en los niveles de 10 a 30 por ciento. En el caso de la harina integral de triticale se disminuye ligeramente de 8,37 a 7,22 en la sustitución de 10 al 20 por ciento respectivamente, mientras que a un nivel de 30 por ciento se observa una disminución muy significativa hasta un 5.34 por ciento de gluten seco. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de gluten seco fue del T2, además T2, T3 y T8 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T9, T10, T4; por otro lado estos últimos tres tratamientos son estadísticamente similares entre sí.

También en el Cuadro 18 se presentan los resultados de gluten seco de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional tuvo un valor de 7,48 por ciento de gluten seco. En la sustitución con triticale se observa un ligero incremento a 8,28 por ciento de gluten seco en el nivel de sustitución de 10 por ciento, y una disminución de 8,28 a 5,83 por ciento al incrementar el nivel de la sustitución de 10 a 30 por ciento. Empleando como sustituto a la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 7.22 por ciento a 5.16 por ciento en los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento respectivamente y una ligera disminución de 5,16 por ciento a 4,75 en el nivel de 20 a 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido de gluten seco fue del T12, además T12, T13, T9, T14 y T10 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T11.

Asimismo en el Cuadro 18 se presentan los resultados de gluten seco de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional tuvo un valor de 9,12 por ciento de gluten seco. En la

sustitución con 10 por ciento de harina de triticale se observa un incremento de 9,12 por ciento a 9,69 por ciento de gluten seco. Al incrementar el nivel de sustitución de 10 al 20 por ciento se observa una disminución a 8,60 por ciento y al sustituir con 30 por ciento de harina de triticale el contenido de gluten disminuye hasta 6,97 por ciento. Por otro lado, en la sustitución con harina de centeno se observa un incremento de 8,55 a 9,04 por ciento al incrementar el nivel de sustitución de 10 al 20 por ciento y una disminución a 5,97 en la sustitución de 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de gluten seco fue del T19, además T19, T17, T20, T16 y T21 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T18. Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad centenario presenta un contenido de gluten seco de 9,45 por ciento, en el laboratorio se obtuvo un valor de 9,12 por ciento el cual se asemeja al mencionado por el autor.

Calaveras (2004) indica que la harina de media fuerza o panadera, presenta 9,8 por ciento de gluten seco, las muestras T2, T3 y T19 presentan 10,58;9,09;9,69 por ciento de gluten seco respectivamente, los cuales se asemejan al mencionado por el autor. Calaveras (2004) agrega que las harinas con un gluten seco entre 8 a 9 por ciento presentan bajo contenido de gluten por lo que se nombran flojas. Las mezclas con harina de trigo integral muestran un menor valor comparado con la harina flor de trigo importada y flor de trigo nacional.

A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey solo para los tratamientos con mayor valor en la prueba del gluten húmedo y seco (Figura 2 y 3, Anexo 3).

Mediante la comparación promedio de las muestras (Tabla 3, Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido promedio de gluten seco han sido obtenidos con los tratamientos T1, T2, T19, T15, T3, T17, T20, T16, T5, T12 y T13; los cuales presentan similitud estadística entre ellos y diferencia con los demás tratamientos.

4.3.4 HUMEDAD

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de humedad de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina de trigo importado tuvo un valor de 11.19 por ciento de humedad.

A un nivel de 10 por ciento de sustitución de harina de centeno se observa un ligero incremento a 11,26 por ciento de humedad, al aumentar el nivel de sustitución de 10 a 20 por ciento el contenido de humedad disminuye de 11,26 a 10,43 por ciento respectivamente; mientras que al aumentar la sustitución de 20 a 30 por ciento, el contenido de humedad varía ligeramente de 10,43 a 10,32 por ciento.

Para la sustitución harina integral de triticale se observa un incremento significativo del valor de humedad de 10,5 a 11,35 por ciento del nivel de sustitución de 10 a 20 por ciento y presenta una disminución a 10,38 por ciento en el nivel de 30 por ciento de sustitución.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido de humedad fue del T6, además T6 y T2 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T5, T3, T7, T4; por otro lado, T5 y T3 son estadísticamente similares entre sí pero no con T15 ni T4, los cuales también son similares entre sí.

También en el Cuadro 18 se presentan los resultados de humedad de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional tuvo un valor de 9,23 por ciento de humedad.

Para la sustitución con harina integral de centeno se observa un ligero incremento del valor de humedad de 9,31 a 9,34 por ciento en los niveles de 10 al 20 por ciento de sustitución respectivamente y una disminución significativa a 8,67 en el nivel de sustitución de 30 por ciento.

Con la harina integral de triticale se aprecia una disminución de 9,21 a 8,29 del nivel de sustitución de 10 a 30 por ciento.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido de humedad fue del T10, además T10, T9, T12, T13 y T11 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T14.

Asimismo en el Cuadro 18 se presentan los resultados de humedad de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional tuvo un valor de 11,19 por ciento de humedad.

Para la sustitución con harina integral de centeno se observa un ligero incremento del valor de humedad de 11,2 a 11,32 por ciento en los niveles de 10 al 20 por ciento de sustitución respectivamente y una disminución a 10,53 en el nivel de sustitución de 30 por ciento. Con

la harina integral de triticale se aprecia un incremento de 10,48 a 10,89 del nivel de sustitución de 10 a 20 por ciento y presenta un ligero cambio a 10,82 por ciento en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de humedad fue del T17, además T17, T16, T20, T21 y T18 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T19.

Calaveras (2004) indica que la humedad de harina de media fuerza o panadera, se encuentra en un rango de 13–15 por ciento. Las mezclas con harina de trigo integral muestran un menor valor comparado con la harina flor de trigo importado y flor nacional.

Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad Centenario presenta un contenido de humedad de 13,31 por ciento, en el laboratorio se obtuvo un valor de 11,19 por ciento, el cual se aleja al mencionado por el autor.

A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey solo para los tratamientos con mayor valor (Figura 4, Anexo 3).

Mediante la comparación promedio de las muestras (Tabla 4, Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido promedio de humedad han sido obtenidos con los tratamientos T14, T11, T2, T10, T1, T9, T20, T21, T12; los cuales presentan similaridad estadística entre ellos y diferencia con los demás tratamientos.

4.3.5 PROTEÍNA

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de proteína de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina de trigo importado tuvo un valor de 11,05 por ciento de proteína.

Para la sustitución con harina integral de centeno se observa un incremento significativo del valor de proteína de 9,85 a 10,65 por ciento en los niveles de 10 al 30 por ciento de sustitución respectivamente.

Con la harina integral de triticale se aprecia una ligera disminución del contenido de proteína de 7,99 a 7,72 por ciento en el nivel de sustitución de 10 a 20 por ciento respectivamente y se mantiene constante en el nivel de 30 por ciento de sustitución.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido de proteína fue del T4, además T4, T3 y T2 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T5, T6 y T7; por otro lado estos últimos tres tratamientos son estadísticamente similares entre sí.

La mezcla de harina flor de trigo importado con harina de centeno se encuentra en un rango de 9,85 a 10,65 por ciento, Calaveras (2004) indica que la mezcla se puede clasificar como harina de media fuerza ya que contiene alrededor de 10 por ciento de proteína. Por otro lado, la mezcla con harina de triticale se encuentra entre 7,72 y 7,99 por ciento de proteína, por lo que Calaveras (2004) agrega que la harina se puede clasificar como muy floja ya que su contenido de proteínas es menor a 8 por ciento.

También en el Cuadro 18 se presentan los resultados de proteína de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional tuvo un valor de 11,71 por ciento de proteína. Para la sustitución con harina integral de centeno se observa una ligera disminución del valor de proteína de 10,38 a 10,06 por ciento en los niveles de 10 al 30 por ciento de sustitución respectivamente. Con la harina integral de triticale se aprecia una disminución del contenido de proteína de 9,58 a 7,99 por ciento en el nivel de sustitución de 10 al 30 por ciento respectivamente. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor contenido de proteína fue del T9, además T9, T10, T11, T12 y T13 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T14.

La mezcla de harina integral de trigo nacional con harina de centeno se encuentra en un rango de 10,06 a 10,38 por ciento, Calaveras (2004) indica que la mezcla se puede clasificar como harina de media fuerza ya que contiene 10 por ciento de proteína. Por otro lado, la mezcla con harina de triticale se encuentra entre 7,99 y 9,58 por ciento de proteína, por lo que Calaveras (2004) agrega que la harina se puede clasificar como floja ya que su contenido de proteínas rodea al 9 por ciento.

Asimismo en el Cuadro 18 se presentan los resultados de proteína de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional tuvo un valor de 8,52 por ciento de proteína. Para la sustitución con harina integral de centeno se observa un incremento del valor de proteína de 9,05 a 9,85 por ciento en los niveles de 10 a 20 por ciento de sustitución y a un nivel de 30 por ciento de sustitución el contenido de proteína se mantiene con un valor de 9.85 por

ciento. Con la sustitución de harina integral de triticale no se aprecia un cambio significativo del contenido de proteína, manteniéndose un valor constante de 7,99 por ciento en el nivel de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido de proteína T17 y T18, además T16, T17, T18, T19, T20 y T21 son similares estadísticamente entre ellos.

La mezcla de harina flor de trigo nacional con harina de centeno se encuentra en un rango de 9,05 a 9,85 por ciento, Calaveras (2004) indica que la mezcla se puede clasificar como harina floja ya que su contenido se encuentra alrededor del 9 por ciento de proteína. Por otro lado, la mezcla con harina de triticale con 7,99 por ciento de proteínas se clasifica según Calaveras (2004) como harina muy floja ya que su contenido de proteínas es menor al 8 por ciento. A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey sólo para los tratamientos con mayor valor debido a la gran cantidad de tratamientos (Figura 5, Anexo 3).

Finalmente, mediante la comparación promedio de las muestras (Tabla 5, Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido promedio de proteína han sido obtenidos con los tratamientos T8, T1, T4, T9, T10, T11, T3, T2, T17, T18 y T12; los cuales presentan similitud estadística entre ellos y diferencia con los demás tratamientos.

4.3.6 FALLING NUMBER

En el Cuadro 18 se presentan los resultados del Falling Number de la sustitución de la harina de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina de trigo importado tuvo un Falling Number de 435,67 segundos. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 330 a 304,67 al aumentar de 10 a 30 por ciento el nivel de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 197,67 a 113,67 al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor Falling Number fue del T2, además T2, T3 y T4 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T5, T6 y T7; por otro lado, T6 y T7 son estadísticamente similares entre sí. Con la sustitución de la harina de triticale se obtuvieron valores menores a 300 s, los cuales dan origen a masas con facilidad para fermentar (Gomez e Ibañez 2012).

También en el Cuadro 18 se presentan los resultados del Falling Number de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional tuvo un Falling Number de 434,67 s. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 335 a 321,67 s al aumentar la sustitución de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego aumenta ligeramente a 325 s. en el nivel de 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 193,67 a 86,67 s al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor Falling Number fue del T9, además T9, T11, T10 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T12, T13 y T14; por otro lado, T13 y T14 son estadísticamente similares entre sí.

Con la sustitución de harina de triticale, se pudo disminuir el valor inicial de 434,67 segundos, solo que con la sustitución al 20 y 30 por ciento se observan valores menores a 150 lo que darían origen a masas blandas, pegajosas con dificultad de trabajar con máquina (Gomez e Ibañez 2012).

Asimismo en el Cuadro 18 se presentan los resultados del Falling Number de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional tuvo un Falling Number de 410,67 segundos. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 344 a 205 s al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 178 a 116 s al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor Falling Number fue del T16, además T16 y T17 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T18, T19, T20 y T21; por otro lado, T18, T19 son estadísticamente similares entre sí, de igual modo ocurre con T20 y T21. Calaveras (2004) indica que el Falling Number de la harina de media fuerza o panadera, se encuentra en un rango de 325-400 s. Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad centenario presenta un contenido de Falling Number de 422 s, en el laboratorio se obtuvo un valor de 410.67 s, el cual se diferencia al mencionado por el autor.

A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey sólo

para los tratamientos con mayor valor debido a la gran cantidad de tratamientos (Figura 6, Anexo 3).

Además, mediante la comparación promedio de las muestras (Tabla 6, Anexo 2) se obtuvo que el mayor contenido promedio de Falling Number han sido obtenidos con los tratamientos T1, T8 y T15; los cuales presentan similitud estadística entre ellos y diferencia con los demás tratamientos.

4.3.7 VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN

En el Cuadro 18 se presentan los resultados del volumen de sedimentación de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina de trigo importado tuvo un volumen de sedimentación de 23 ml. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 28 a 23,5 ml al aumentar de 10 a 30 por ciento el nivel de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 23,5 a 20,5 ml al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento.

También en el Cuadro 18 se presentan los resultados del volumen de sedimentación de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional tuvo un Volumen de Sedimentación de 26,5 ml. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia un aumento de 23 a 33 ml al aumentar la sustitución de 10 a 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale aumenta de 24 a 32 ml al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento; por lo que Peña *et al.*, citado por Peña (2003) agregan que los valores altos de sedimentación corresponden a trigos con mayor fuerza.

Asimismo en el Cuadro 18 se presentan los resultados del volumen de sedimentación de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional tuvo un volumen de sedimentación de 34 ml. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 25 a 21.5 ml al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 34.5 a 20 ml al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento.

Finalmente, luego de realizado todas las pruebas de análisis físico-químico en las harinas, se determinó que la harina flor de trigo importado al 30 por ciento de sustitución de harina

de centeno seguida de la harina flor de trigo importado al 20 por ciento de sustitución de harina de centeno, la harina integral de trigo nacional al 10 por ciento de sustitución de harina de centeno seguida de la harina integral de trigo nacional al 30 por ciento de sustitución de harina de centeno y la harina flor de trigo nacional al 20 por ciento de sustitución de harina de centeno seguida de la harina flor de trigo nacional al 30 por ciento de sustitución de harina de triticale presentan buenas características físicas.

4.4 ANÁLISIS REOLÓGICO DE MEZCLAS DE HARINA

En el Cuadro 19 se presentan los valores de los análisis reológicos de las harinas de trigo importado, integral y flor nacional con las diferentes sustituciones de la harina de centeno y triticale.

4.4.1 TIEMPO DE DESARROLLO DE LA MASA

En el Cuadro 19 se presentan los resultados del tiempo de desarrollo de las masas de la sustitución de la harina de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo importado tuvo un tiempo de amasado de 3.30 minutos. Con la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 2,45 a 2,37 al aumentar la sustitución de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego se incrementa a 3,27 en el nivel de 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale aumenta de 3,61 a 4,96 al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento y luego disminuye a 0,98 en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor tiempo de amasado fue del T6, además T2, T3, T4 y T5 son similares entre ellos, pero diferentes a T7.

Calaveras (2004) menciona que una masa con un tiempo de desarrollo de 2,5 a 5 minutos, se caracteriza por presentar menor extensibilidad y mayor estabilidad, elasticidad y tolerancia al amasado. Las mezclas con centeno se encuentran en el rango recomendado por el autor, mientras que las mezclas con triticale solo se encuentran dentro del rango hasta el 20 por ciento de sustitución ya que al 30 por ciento presenta un tiempo de desarrollo menor a 1,5; por lo que Calaveras (2004) agrega que estas masas son mas extensibles y presentan menor elasticidad y estabilidad.

Cuadro 19: Análisis reológico de la harina flor de trigo importado, integral y flor nacional con harina de centeno y triticale

MUESTRAS DE HARINAS		TIEMPO DESARROLLO DE MASA (min)	ALTURA DE AMASADO (cm)	TENACIDAD (mm)
T2	90% H Importada + 10% H Centeno	2,45±0,25 cdefg	7,93±0,42 ab	77
T3	80% H Importada + 20% H Centeno	2,37±0,34 cdefg	8,1±1,28 ab	80
T4	70% H Importada + 30% H Centeno	3,27±0,28 abcde	10,07±0,42 a	101
T5	90% H Importada + 10% H Triticale	3,61±1,33 abcd	7,97±0,9 ab	125
T6	80% H Importado + 20% H Triticale	4,96±0,12 a	7,43±0,29 ab	120
T7	70% H Importada + 30% H Triticale	0,98±0,28 g	5,67±0,23 b	152
T9	90% H Integral + 10% H Centeno	3,96±0,54 abc	10,3±0,61 a	181
T10	80% H Integral + 20% H Centeno	4,38±0,38 ab	9,37±0,12 ab	192
T11	70% H Integral + 30% H Centeno	3,08±0,38 bcde	9,97±0,75 a	173
T12	90% H Integral + 10% H Triticale	3,15±0,30 abcde	9,13±0,55 ab	202
T13	80% H Integral + 20% H Triticale	2,06±0,27 defg	9,27±0,25 ab	135
T14	70% H Integral + 30% H Triticale	2,23±0,34 cdefg	8,37±0,15 ab	134
T16	90% H Flor + 10% H Centeno	3,58±0,58 abcd	8,57±0,25 ab	118
T17	80% H Flor + 20% H Centeno	2,97±0,50 bcdef	9,2±0,2 ab	146
T18	70% H Flor + 30% H Centeno	1,89±1,63 defg	6,43±5,57 ab	182
T19	90% H Flor + 10% H Triticale	1,17±0,28 fg	6,2±0,35 ab	99
T20	80% H Flor + 20% H Triticale	2,15±0,38 cdefg	5,47±1,29 b	112
T21	70% H Flor + 30% H Triticale	0,92±0,3 g	7,27±0,23 ab	77

«continuación»

MUESTRAS DE HARINAS		EXTENSIBILIDAD (mm)	FUERZA PANADERA (x10⁻⁴ J)	TENACIDAD / EXTENSIBILIDAD
T2	90% H Importada + 10% H Centeno	74	175	1,04
T3	80% H Importada + 20% H Centeno	55	139	1,46
T4	70% H Importada + 30% H Centeno	38	136	2,65
T5	90% H Importada + 10% H Triticale	38	201	3,3
T6	80% H Importado + 20% H Triticale	38	185	3,16
T7	70% H Importada + 30% H Triticale	27	178	5,55
T9	90% H Integral + 10% H Centeno	23	187	7,77
T10	80% H Integral + 20% H Centeno	18	163	10,6
T11	70% H Integral + 30% H Centeno	23	182	7,52
T12	90% H Integral + 10% H Triticale	23	208	8,75
T13	80% H Integral + 20% H Triticale	11	81	12,37
T14	70% H Integral + 30% H Triticale	13	86	10,62
T16	90% H Flor + 10% H Centeno	54	229	2,19
T17	80% H Flor + 20% H Centeno	30	184	4,86
T18	70% H Flor + 30% H Centeno	20	167	9,32
T19	90% H Flor + 10% H Triticale	70	258	1,42
T20	80% H Flor + 20% H Triticale	42	185	2,67
T21	70% H Flor + 30% H Triticale	27	153	4,76

También en el Cuadro 19 se presentan los resultados del tiempo de desarrollo de las masas de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional tuvo un tiempo de amasado de 3,72 minutos. Con la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 3,96 a 4,38 al aumentar la sustitución de 10 a 20 por ciento y luego disminuye a 3,08 en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se disminuye de 3,15 a 2,06 al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento y luego aumenta a 2,23 en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor tiempo de amasado fue del T10, además T10, T9, T11 y T12 son similares estadísticamente entre ellos, T10 se diferencia estadísticamente con T14, T13; por otro lado, T11, T12, T13 y T14 son estadísticamente similares entre sí. Las mezclas de harina integral de trigo nacional con centeno y triticale se encuentran en el rango de 2,5 a 5 min propuesto por Calaveras (2004). Además, con la sustitución de la harina de triticale se disminuye el valor inicial de la harina integral nacional llegando a valores más cercanos a 2 min 30 s, los cuales son muy recomendados por Calaveras (2004). Surco y Alvarado (2010) mencionan que el aumento del contenido de los polisacáridos no feculentos (hemicelulosas, pentosanos, celulosa, α -glucanos, y glucofructanos), los cuales absorben grandes cantidades de agua, disminuyen el tiempo de desarrollo de las masas, a medida que el amasado progresa los polisacáridos no feculentos se van alineando al movimiento de los brazos de la amasadora, generando una disminución de estabilidad en función del contenido de polisacáridos no feculentos.

Asimismo, en el Cuadro 19 se presentan los resultados del tiempo de desarrollo de las masas de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional tuvo un tiempo de amasado de 1,59 minutos. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 3,58 a 1,89 minutos al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale aumenta de 1,17 a 2,15 minutos al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento y luego disminuye a 0,92 en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor tiempo de amasado lo presentó T16, además T16, T17, T20 y T18 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T19 y T21; por otro lado, estos últimos tratamientos presentan estadísticamente similaridad entre sí. Las mezclas de harina flor de trigo nacional con centeno se encuentran en el rango de 2,5 a 5 minutos propuesto por

Calaveras (2004), mientras que las mezclas con triticale presentan un tiempo de desarrollo menor a 2,5, por lo que el autor agrega que estas masas presentan mayor extensibilidad y menor elasticidad y estabilidad. El tiempo de desarrollo está influenciado por el contenido de proteína. Según Calaveras (2004) cuanto mayor es este, y solamente hasta un cierto límite del 13 por ciento, menor es el tiempo de desarrollo y también la tolerancia. Por el contrario, por cada punto por debajo al 12 por ciento de proteína, el tiempo de desarrollo decrece. A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey sólo para los tratamientos con mayor valor debido a la gran cantidad de tratamientos (Figura 7, Anexo 3).

4.4.2 ALTURA DE DESARROLLO DE LA MASA

En el Cuadro 19 se presentan los resultados de altura de desarrollo de las masas (cm) de la sustitución de la harina de trigo importado en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo importado alcanza una altura de 9.67 cm. Con la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 7,93 a 10,07 cm al aumentar la sustitución de 10 al 30 por ciento. Con la harina integral de triticale se disminuye de 7.97 a 5.67 al incrementarse los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que la mayor altura de desarrollo de las masas fue del T4, además T4, T3, T5, T2 y T6 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T7. La muestra de T4 presenta mayor altura de desarrollo, por lo que Calaveras (2004) menciona que a mayor altura, existe mejor tolerancia de las harinas al amasado.

También en el Cuadro 19 se presentan los resultados de altura de desarrollo de las masas (cm) de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional alcanza una altura de 9.27 cm.

En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 10,3 a 9,37 al aumentar la sustitución de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego se incrementa a 9,97 cm en el nivel de 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale aumenta de 9,13 a 9,27 al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento y luego disminuye a 8,37 en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación

promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que la mayor altura de desarrollo de las masas fue del T9, además todos los tratamientos son similares estadísticamente entre ellos.

Asimismo en el Cuadro 19 se presentan los resultados de altura de desarrollo de las masas (cm) de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional alcanza una altura de 6,7 cm. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 8,57 a 9,2 al aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego disminuye a 6.43 cm. en el nivel de 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 6,2 a 5,47 al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento y luego aumenta a 7,27 en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que la mayor altura de desarrollo de las masas fue del T17, además T17, T16, T21, T18, T19 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T20.

A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey sólo para los tratamientos con mayor valor debido a la gran cantidad de tratamientos (Figura 8, Anexo 3).

4.4.3 TENACIDAD

En el Cuadro 19 se presentan los resultados de tenacidad (mm) de la sustitución de la harina de trigo importada en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina de trigo importado alcanza una altura de 129 mm de tenacidad.

En el caso de la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 77 a 101 mm al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 125 a 120 mm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento y luego aumenta a 152 mm en el nivel de 30 por ciento de sustitución.

La mezcla de harina de centeno con harina flor de trigo importado en 10;20 y 30 por ciento de sustitución presentan una tenacidad en un rango de 70 y 100; por lo que Calaveras (2004) menciona que si una harina presenta un valor mayor a 60 mm de tenacidad, entonces es nombrado muy tenaz.

También en el Cuadro 19 se presentan los resultados de tenacidad (mm) de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional alcanza una altura de 170 mm de tenacidad. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 181 a 192 mm al aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego disminuye a 173 mm en el nivel de 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 202 a 134 mm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento.

Asimismo en el Cuadro 19 se presentan los resultados de tenacidad (mm) de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional alcanza una altura de 121 mm de tenacidad. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 118 a 182 mm al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale aumenta de 99 a 129 mm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento de sustitución.

Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad Centenario presenta un contenido de tenacidad de 111 mm, en el laboratorio se obtuvo un valor de 121mm el cual se diferencia al mencionado por el autor. Calaveras (2004) indica que la harina de media fuerza o panadera presenta una tenacidad (P) entre 50 y 60 mm, la muestra T2 presenta 77 mm de tenacidad, además la muestra T14 presenta 134 mm y finalmente la muestra T19 presenta 99 mm de tenacidad. Se observa que la mezcla con la harina flor de trigo importado se asemeja al rango mencionado por el autor a comparación de las mezclas con harina integral y flor de trigo nacional. Calaveras (2004) agrega que la harina que presenta un P mayor a 60, es nombrada como muy tenaz.

Por otro lado, Tejero (2012) sugiere que la harina ideal para un pan de molde debe presentar una tenacidad de 83 mm, T3 y T2 presentan un valor de 80 y 77 mm respectivamente, observándose que el tratamiento 3 se asemeja al mencionado por el autor.

4.4.4 EXTENSIBILIDAD

En el Cuadro 19 se presentan los resultados de extensibilidad (mm) de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina de trigo importado alcanza una altura de 43 mm de extensibilidad. Con la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 74 a 38 mm al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se mantiene constante con

38 mm al aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y disminuye a 27 mm al incrementarse el nivel a 30 por ciento de sustitución.

También en el Cuadro 19 se presentan los resultados de extensibilidad (mm) de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional alcanza una altura de 24 mm de extensibilidad. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 23 a 18 mm al aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego aumenta a 23 mm en el nivel de 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 23 a 11 mm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento de sustitución y aumenta a 13 mm al nivel de 30 por ciento de sustitución.

Asimismo en el Cuadro 19 se presentan los resultados de extensibilidad (mm) de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional alcanza una altura de 71 mm de extensibilidad. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 54 a 20 mm al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de sustitución. Por lo que Edel *et al.* (2007) agregan que la harina de centeno carece de proteínas específicas del trigo y no tienen tan buena cantidad y calidad del gluten, por ello la masa es más pegajosa y tiene menor cohesión, viscoelasticidad y fuerza. Con la harina integral de triticale disminuye de 70 a 27 mm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento.

Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad centenario presenta un contenido de extensibilidad de 53 mm en el laboratorio se obtuvo un valor de 71 mm el cual se aleja al mencionado por el autor. Tejero (2012) sugiere que la harina ideal para un pan de molde debe presentar una extensibilidad de 120 mm, la muestra T2 presenta un valor de 74 mm. Por otro lado, Calaveras (2004) agrega que una harina panadera debe presentar una extensibilidad entre 110–120 mm. La muestra T2 es la más cercana al valor recomendado por el autor, con una extensibilidad de 74 mm. Las mezclas con harina integral y flor de trigo nacional presentan valores de extensibilidad muy alejados del rango mencionado por el autor. Calaveras (2004) agrega que una harina que con una extensibilidad entre 70 a 90 presenta una débil o limitada extensibilidad y si presenta un L menor a 50, esta harina es de baja extensibilidad.

4.4.5 FUERZA PANADERA

En el Cuadro 19 se presentan los resultados de fuerza panadera ($\times 10^{-4}$ J) de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina de trigo importado alcanza una altura de 246×10^{-4} J para la fuerza panadera. Con la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 175 a 136×10^{-4} J al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale disminuye de 201 a 178×10^{-4} J al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de sustitución. A medida que aumenta la sustitución con las harinas sucedáneas, la fuerza panadera disminuye por lo que Espitia *et al.* (2008) agregan que valores menores a 200 caracterizan a trigos de gluten débil.

También en el Cuadro 19 se presentan los resultados de fuerza panadera ($\times 10^{-4}$ J) de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional alcanza una altura de 184×10^{-4} J para la fuerza panadera. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 187 a 163×10^{-4} J al aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego aumenta a 182×10^{-4} J en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se disminuye de 208 a 81×10^{-4} J al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 20 por ciento y aumenta a 86×10^{-4} J en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Por otro lado, la sustitución al 10 por ciento con triticale favorece a la harina integral nacional aumentando la fuerza panadera (208×10^{-4} J) la cual corresponde a harinas de gluten medio fuerte Espitia *et al.* (2008).

Asimismo en el Cuadro 19 se presentan los resultados de fuerza panadera ($\times 10^{-4}$ J) de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional alcanza una altura de 365×10^{-4} J para la fuerza panadera. En el caso de la sustitución de la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 229 a 167×10^{-4} J al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticale disminuye de 258 a 153×10^{-4} J al incrementarse los niveles de 10 a 30 por ciento de sustitución. Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad centenario presenta un contenido de fuerza panadera de 231×10^{-4} J en el laboratorio se obtuvo un valor de 365×10^{-4} J, el cual se diferencia al mencionado por el autor. Por otro lado, Calaveras (2004) sugiere que la harina de media fuerza o panificadora debe presentar una fuerza entre $150-180 \times 10^{-4}$ J, las muestras T2 y T7 presentan una fuerza

de 175 y 178 $\times 10^{-4}$ J respectivamente, los cuales se encuentran en el rango mencionado por el autor. Además la muestra T10 presenta 163 $\times 10^{-4}$ J y finalmente las muestras T18 y T21 presentan 167 y 153 $\times 10^{-4}$ J, respectivamente.

4.4.6 RELACIÓN TENACIDAD - EXTENSIBILIDAD

En el Cuadro 19 se presentan los resultados de la relación de tenacidad y extensibilidad (P/L) de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina de trigo importado alcanza una altura de 3,03 en la relación de tenacidad y extensibilidad. Con la harina integral de centeno se aprecia un aumento de 1.04 a 2.65 al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de sustitución. Salomon *et al.* (2013) mencionan que un valor cercano a 1 indica que se trata de una harina capaz de generar masas equilibradas, ni muy extensibles, ni muy tenaces, favorables para lograr un buen comportamiento en panificación. Con la harina integral de triticales disminuye de 3,3 a 3,16 al aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y aumenta a 5,55 al incrementarse el nivel a 30 por ciento de sustitución.

También en el Cuadro 19 se presentan los resultados de la relación de tenacidad y extensibilidad (P/L) de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina integral de trigo nacional alcanza una altura de 7,08 en la relación de tenacidad y extensibilidad. En el caso de la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 7,77 a 10,6 al aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego disminuye a 7,52 en el nivel de 30 por ciento de sustitución. La harina integral de triticales aumenta de 8,75 a 12,37 al incrementarse el nivel de sustitución de 10 a 20 por ciento de sustitución y disminuye a 10,62 al aumentar a 30 por ciento de sustitución. Mesas y Alegre (2002) mencionan que valores mayores a 1 corresponde a una harina muy tenaz, la cual impide un buen levantado de la masa.

Asimismo en el Cuadro 19 se presentan los resultados de la relación de tenacidad y extensibilidad (P/L) de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La harina flor de trigo nacional alcanza una altura de 1,72 en la relación de tenacidad y extensibilidad. Con la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 2,19 a 9,32 al aumentar el nivel de 10 a 30 por ciento de

sustitución. Con la harina integral de triticale se aumenta de 1,42 a 4,76 al incrementarse los niveles de sustitución de 10 a 30 por ciento.

Calaveras (2004) sugiere que la harina de media fuerza o panificadora debe presentar una relación P/L entre 0,4-0,6. Las muestras T2 y T3 presentan un valor de 1,04 y 1,46 respectivamente, los cuales se encuentran fuera del rango mencionado por el autor, por lo que Vasquez y Matos (2009) agregan que estas muestras no producen una masa con equilibrio normal entre tenacidad y extensibilidad; es decir, no existe equilibrio entre la capacidad de retención de gases en la fermentación y la absorción de agua de la masa. Las mezclas con harina integral de trigo nacional presentan una relación P/L muy alta. Por otro lado, la muestra T19 presenta una relación P/L de 1,42, la que también se encuentra fuera del rango mencionado por Calaveras (2004). Adicionalmente, Tejero (2012) menciona que para la fabricación de pan de molde, las masas que llevan adicionadas grasas el P/L deben ser entre 0,8 y 1.

Finalmente, luego de realizado todas las pruebas reológicas de los panes en diferentes sustituciones con harinas sucedáneas, se determinó que la harina flor de trigo importado al 20 por ciento de sustitución de harina de triticale seguida de la harina flor de trigo importado al 10 por ciento de sustitución de harina de triticale, la harina integral de trigo nacional al 10 por ciento de sustitución de harina de centeno seguida de la harina integral de trigo nacional al 20 por ciento de sustitución de harina de centeno y la harina flor de trigo nacional al 30 por ciento de sustitución de harina de centeno seguida de la harina flor de trigo nacional al 10 por ciento de sustitución de harina de centeno presentan buenas características reológicas.

4.5 ANÁLISIS FÍSICO DE LOS PANES CON DIFERENTE SUSTITUCIÓN

En el Cuadro 20 se presentan los valores de los análisis físicos de los panes elaborados con harinas de trigo importado, integral y flor nacional con las diferentes sustituciones de la harina de centeno y triticale.

4.5.1 ANCHO DE PAN

En el Cuadro 20 se presentan los resultados de ancho de pan (cm) de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. El ancho de pan con la harina de trigo importado tuvo un valor de 11,33 cm. En el caso de la sustitución de harina integral de centeno se aprecia una disminución de 11,57 a 11,43 cm al

aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego se incrementa a 12 cm en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se aumenta de 11 a 11,83 cm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que la mayor medida de ancho de pan fue del T4, además T4, T7, T2, T6, T3, T5 son similares estadísticamente entre sí.

También en el Cuadro 20 se presentan los resultados de ancho de pan (cm) de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. El ancho de pan con la harina integral de trigo nacional tuvo un valor de 11,13 cm. En el caso de la sustitución de la harina integral de centeno se aprecia un incremento de 11,93 a 12 cm al aumentar el nivel de 10 a 20 por ciento de sustitución y luego disminuye a 10,97 cm. en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se aumenta el ancho de pan de 11 a 11,83 cm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que la mayor medida de ancho de pan fue del T10, además T10, T9, T14, T13, T12 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T11.

Asimismo, en el Cuadro 20 se presentan los resultados de ancho de pan (cm) de la sustitución de la harina flor de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. El ancho de pan con la harina flor de trigo nacional tuvo un valor de 11 cm. En el caso de la sustitución con la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 11,77 a 10,93 cm al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se disminuye de 11,5 a 10,67 cm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 al 20 por ciento y se incrementa a 10,87 cm al 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que la mayor medida de ancho de pan fue del T16, además T16, T19, T17, T18, T21 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T20. A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey sólo para los tratamientos con mayor valor debido a la gran cantidad de tratamientos (Figura 9, Anexo 3) (Tabla 9, Anexo 2).

4.5.2 ALTURA

En el Cuadro 20 se presentan los resultados de altura de pan de la sustitución de la harina flor de trigo importado en 10, 20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La altura de

pan con la harina importada tuvo un valor de 12,83 cm. En el caso de la sustitución de harina integral de centeno se aprecia una disminución de 11,77 al 5,3 cm al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se disminuye de 10 a 5,33 cm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 6) se obtuvo que el mayor valor de altura de pan fue del T2, el cual presenta diferencia significativa con T3, T5, T6, T7, T4; por otro lado, T3 con T5 y T7 con T4 son estadísticamente similares entre sí y diferentes estadísticamente con T6.

También en el Cuadro 20 se presentan los resultados de altura de pan de la sustitución de la harina integral de trigo nacional en 10;20 y 30 por ciento con las harinas sucedáneas. La altura de pan con la harina integral de trigo nacional tuvo un valor de 10 cm. Con la sustitución de harina integral de centeno se aprecia un incremento de 4,8 a 8,33 cm al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se disminuye de 8,5 a 4,83 cm al incrementarse los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor de altura de pan fue del T8, además T11 y T12 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T9, T10, T14; por otro lado, estos últimos tratamientos son estadísticamente similares entre sí.

Asimismo la altura de pan con la harina flor de trigo nacional tuvo un valor de 12,5 cm. En el Cuadro 20 se puede apreciar los efectos de la sustitución con los sucedáneos. En el caso de la sustitución con harina integral de centeno se aprecia una disminución de 11,9 a 9,47 cm al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se observa un incremento de 9,5 a 9,83 cm en los niveles de sustitución de 10 al 20 por ciento y disminuye a 8,6 cm con el nivel de sustitución de 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor de altura de pan fue del T16, además T16 y T17 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T20, T19, T18, T21; por otro lado, T20, T19 y T18 son estadísticamente similares entre sí. A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey sólo para los tratamientos con mayor valor debido a la gran cantidad de tratamientos (Figura 10, Anexo 3) (Tabla 10, Anexo 2).

Cuadro 20: Análisis físico de panes elaborados con harina de trigo importado, integral nacional, flor nacional, centeno y triticale

MUESTRAS DE HARINAS		ANCHO	ALTURA
T1	100% Harina Flor Importada	11,33±0,29 abcd	12,83±0,29 a
T2	90% H. Importada + 10% H. Centeno	11,57±0,38 abcd	11,77±0,21 bc
T3	80% H. Importada + 20% H. Centeno	11,43±0,25 abcd	10,27±0,68 d
T4	70% H. Importada + 30% H. Centeno	12,00±0 a	5,30±0,26 i
T5	90% H. Importada + 10% H. Triticale	11,00±0 abcd	10,00±0 d
T6	80% H. Importada + 20% H. Triticale	11,50±0 abcd	7,50±0 h
T7	70% H. Importada + 30% H. Triticale	11,83±0,29 abc	5,33±0,29 i
T8	100% Harina Integral de Trigo Nacional	11,13±0,23 abcd	10±0,5 d
T9	90% H. Integral + 10% H. Centeno	11,93±0,058 ab	4,80±0 i
T10	80% H. Integral + 20% H. Centeno	12,00±0 a	5,30±0,1 i
T11	70% H. Integral + 30% H. Centeno	10,97±0,5 bcd	8,33±0,15 gh
T12	90% H. Integral + 10% H. Triticale	11,00±0 abcd	8,50±0 fg
T13	80% H. Integral + 20% H. Triticale	11,50±0 abcd	7,50±0 h
T14	70% H. Integral + 30% H. Triticale	11,83±0,29 abc	4,83±0,29 i
T15	100% Harina Flor de Trigo Nacional	11±0,5 abcd	12,5±0,5 ab
T16	90% H. Flor N. + 10% H. Centeno	11,77±0,47 abc	11,90±0,26 abc
T17	80% H. Flor N. + 20% H Centeno	11,30±0,17 abcd	11,43±0,12 c
T18	70% H. Flor N. + 30% H. Centeno	10,93±0,31 bcd	9,47±0,55 def
T19	90% H. Flor N. + 10% H. Triticale	11,50±0 abcd	9,50±0 de
T20	80% H. Flor N. + 20% H. Triticale	10,67±0,76 d	9,83±0,29 d
T21	70% H. Flor N. + 30% H. Triticale	10,87±0,55 cd	8,60±0,53 efg

«continuación»

MUESTRAS DE HARINAS		VOLUMEN	PESO
T1	100% Harina Flor Importada	2683,33±14,43 a	399,54±3,93 fg
T2	90% H. Importada + 10% H. Centeno	2500,00±0 cd	401,00±0,89 efg
T3	80% H. Importada + 20% H. Centeno	2433,33±14,43 ed	408,60±1,05 ab
T4	70% H. Importada + 30% H. Centeno	1308,3±14,43 j	401,84±0,82 def
T5	90% H. Importada + 10% H. Triticale	2350,00±0 e	406,34±1,56 abcde
T6	80% H. Importada + 20% H. Triticale	1808,33±14,43 i	410,26±2,09 a
T7	70% H. Importada + 30% H. Triticale	1258,33±52,04 j	402,59±2,88 cdef
T8	100% Harina Integral de Trigo Nacional	2083,33±57,74 g	408,64±1,73 ab
T9	90% H. Integral + 10% H. Centeno	1025,00±0 l	406,85±2,48 abcd
T10	80% H. Integral + 20% H. Centeno	1141,67±57,74 k	408,74±1,18 ab
T11	70% H. Integral + 30% H. Centeno	1733,33±28,87 i	410,10±0,91 a
T12	90% H. Integral + 10% H. Triticale	2041,67±62,92 hg	410,33±1,23 a
T13	80% H. Integral + 20% H. Triticale	1766,67±14,43 i	411,25±2,85 a
T14	70% H. Integral + 30% H. Triticale	1091,67±14,43 kl	408,07±1,17 ab
T15	100% Harina Flor de Trigo Nacional	2633,33±38,19 ab	404,2±1,51 bcdef
T16	90% H. Flor N. + 10% H. Centeno	2558,33±14,43 bc	401,17±0,74 efg
T17	80% H. Flor N. + 20% H Centeno	2341,67±14,43 e	395,95±1,39 g
T18	70% H. Flor N. + 30% H. Centeno	1983,33±52,04 hg	404,25±0,59 bcdef
T19	90% H. Flor N. + 10% H. Triticale	2350,00±25 e	403,41±0,45 bcef
T20	80% H. Flor N. + 20% H. Triticale	2233,33±14,43 f	406,24±1,02 abcde
T21	70% H. Flor N. + 30% H. Triticale	1941,67±52,04 h	407,69±1,76 abc

4.5.3 VOLUMEN

El volumen de pan con la harina de trigo importada tuvo un valor de 2683,33 cc. En el Cuadro 20 se puede apreciar los efectos de la sustitución con los sucedáneos. En el caso de la sustitución con la harina integral de centeno se aprecia una disminución de 2500 a 1308,33 cc al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se observa una disminución de 2350 a 1258,33 cc en los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor volumen de pan fue del T2, además T2 y T3 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T5, T6, T4 y T7; por otro lado, estos dos últimos tratamientos son estadísticamente similares entre sí.

El volumen de pan con la harina integral de trigo nacional tuvo un valor de 2083,33 cc. También en el Cuadro 20 se puede apreciar los efectos de la sustitución con los sucedáneos. En el caso de la sustitución con harina integral de centeno se aprecia un incremento de 1025 a 1733,33 cc al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución; este resultado se debe al contenido de pentosanas que contiene la harina de centeno (Silvas *et al.*, 2013). Gil y Serra (2010) mencionan que las pentosanas tienen un efecto positivo en el volumen del pan, además de participar en la absorción del agua, ya que absorben aproximadamente el 30 por ciento del agua presente y la retienen; además Silvas *et al.* (2013) agregan que los panes que contenían pentosanas en diferentes concentraciones, presentaron los valores más altos de volumen de pan comparados a los de otros tratamientos.

La harina de centeno contiene entre 4 a 8 por ciento y las de trigo del 2 al 3 por ciento de contenido de pentosanas. Estos compuestos desempeñan un papel muy importante en las propiedades panificables del trigo (absorben gran cantidad de agua, mejorando las características de la masa de panificación, participan en la formación de su estructura gracias a las propiedades gelificantes en presencia de agentes oxidantes, y retardan el endurecimiento del pan). Las propiedades panificables del centeno se deben entre otros a estos compuestos (Gil 2010). Con la harina integral de triticale se observa una disminución de 2041.67 a 1091.67 cc en los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor volumen de pan lo presentó el T12, siendo diferente estadísticamente a T13, T11, T10, T14, T9; por otro lado, T13 con T11 y T10 con T14 son estadísticamente similares entre sí.

Asimismo, el volumen de pan con la harina flor de trigo nacional tuvo un valor de 2633,33 cc. En el Cuadro 20 se puede apreciar los efectos de la sustitución con la harina de centeno y triticale. En el caso de la sustitución con harina integral de centeno se aprecia una disminución de 2558,33 a 1983,33 cc al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se observa una disminución de 2350 a 1941,67 cc en los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor volumen de pan lo presentó T15, siendo diferente estadísticamente a T19;T17;T20;T18;T21; por otro lado, T19 y T17 son estadísticamente similares entre sí. Granotec (2010) menciona que la harina flor de trigo nacional de variedad centenario presenta un volumen de pan de 166 cc en el laboratorio se obtuvo un valor de 2633 cc, el cual se diferencia al mencionado por el autor.

A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey sólo para los tratamientos con mayor valor debido a la gran cantidad de tratamientos (Figura 11, Anexo 3), (Tabla 11, Anexo 2).

4.5.4 PESO DE PAN

El peso de pan con la harina de trigo importado tuvo un valor de 399,537 g. En el Cuadro 20 se puede apreciar los efectos de la sustitución con la harina de centeno y triticale.

En el caso de la sustitución de harina integral de centeno se aprecia un aumento de 401,003 a 408,6 g al aumentar el nivel de 10 al 20 por ciento de sustitución y disminuye a 401,84 g al nivel de 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se incrementó de 406,337 a 410,257 g en los niveles de sustitución de 10 al 20 por ciento y disminuye a 402,59 g en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor peso de pan lo presentó T6, además T5 presenta similitud estadística con T1;T2;T3;T4;T6 y T7; por otro lado, T7;T4 y T2 son estadísticamente similares entre sí.

El peso de pan con la harina integral de trigo nacional tuvo un valor de 408,637 g. También en el Cuadro 20 se puede apreciar los efectos de la sustitución con la harina de centeno y triticale. En el caso de la sustitución de harina integral de centeno se aprecia un incremento de 406,847 a 410,103 g al aumentar el nivel de 10 al 30 por ciento de

sustitución. Con la harina integral de triticale se observa que aumenta de 411,253 g en los niveles de sustitución de 10 al 20 por ciento y disminuye a 408,07g en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor peso de pan lo presentó T13, además T13; T12;T11;T10;T14 y T9 son similares estadísticamente entre sí.

El peso de pan con la harina flor de trigo nacional tuvo un valor de 404,2 g. Asimismo, en el Cuadro 20 se puede apreciar los efectos de la sustitución con la harina de centeno y triticale. En el caso de la sustitución con harina integral de centeno se aprecia una disminución de 401,17 a 395,95 g al aumentar el nivel de 10 al 20 por ciento de sustitución y un incremento al 404,253 g en el nivel de 30 por ciento de sustitución. Con la harina integral de triticale se observa un aumento de 403,413 a 407,687 g en los niveles de sustitución de 10 al 30 por ciento. Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor peso de pan lo presentó T21, además T21,T20,T18 y T19 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T16 y T17; por otro lado estos últimos tratamientos son estadísticamente similares entre sí. A un nivel de significación del 5 por ciento, los resultados indican que existen diferencias entre los distintos tratamientos involucrados. Se ha elaborado una prueba de Tukey solo para los tratamientos con mayor valor debido a la gran cantidad de tratamientos (Figura12, Anexo 3), (Tabla 12, Anexo 2). Luego de realizar todas las pruebas de análisis físico de los panes en diferentes sustituciones con harinas sucedáneas, se observó que los panes aumentaron de ancho y peso, mientras que de volumen y altura disminuyeron por lo que Edel *et al.* (2007) mencionan que la harina de centeno carece de las proteínas específicas del trigo y no tiene tan buena cantidad y calidad del gluten, por ello el pan de centeno es más denso, menos esponjoso, ligeramente aplastado y casi siempre más oscuro que el trigo.

Finalmente, se determinó que la harina flor de trigo importado al 10 por ciento de sustitución de harina de centeno, la harina integral de trigo nacional al 10 por ciento de sustitución de harina de triticale seguida de la harina integral de trigo nacional al 20 por ciento de sustitución de harina de centeno y la harina flor de trigo nacional al 10 por ciento de sustitución de harina de centeno seguida de la harina flor de trigo nacional al 30 por ciento de sustitución de harina de triticale presentan buenas características físicas.

4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PANES

La evaluación sensorial de los panes sucedáneos se llevó a cabo en varios niveles. Se realizaron pruebas afectivas para los 21 tratamientos con 30 panelistas sin entrenamiento. Para ello se hizo uso de una escala hedónica. En el Anexo 1 se presentan las fichas empleadas. Las características a evaluar fueron el color de la miga, el olor del pan, el sabor del pan, la textura del pan y la aceptabilidad.

Anzaldúa-Morales (1994) menciona que si $F < F_t$; no hay efecto significativo de la fuente de variación considerada sobre los resultados, en cambio si es $>$ ó $=$ si existe diferencia significativa; en este caso, puede obtenerse la diferencia mínima significativa por medio de la prueba de Tukey.

4.6.1 COLOR DE MIGA

En la Figura 8 se observa que el tratamiento que tuvo un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo importado en la característica color de miga fue el T5 (90 por ciento de harina. importada con 10 por ciento de harina de triticale).

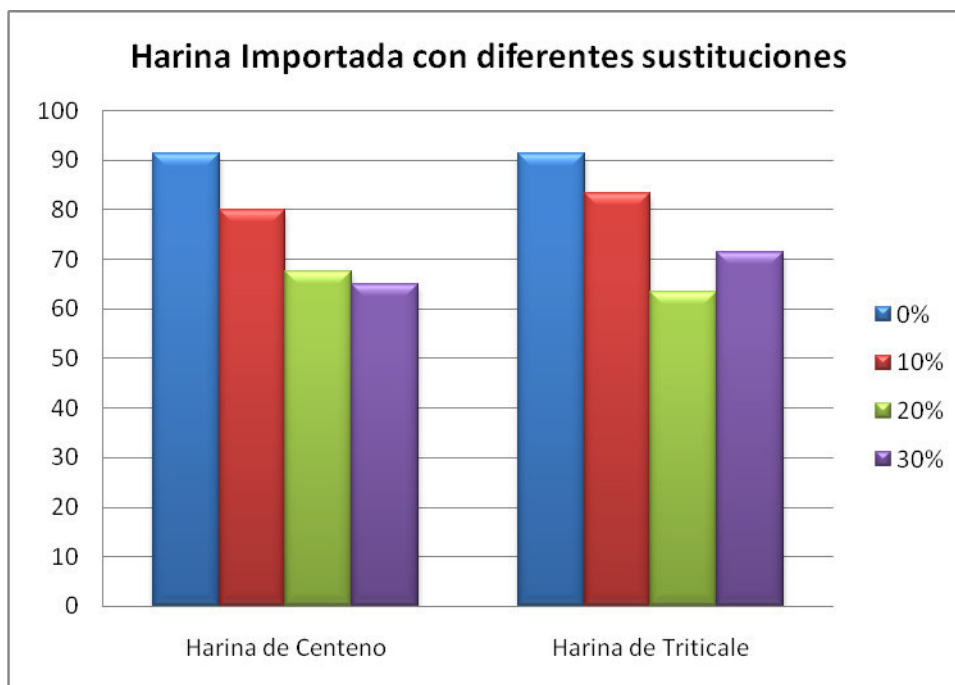


Figura 8: Color de miga (%) del pan con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor en color de miga lo presentó T5, además presenta diferencia estadística con T2, T7, T3, T4 y T6.

En la Figura 9 el tratamiento que tuvo puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina integral de trigo nacional en la característica color de miga fue el T10 (80 por ciento de harina integral nacional con 20 por ciento de harina centeno). Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor valor en color de miga lo presentó T10, además presenta diferencia estadística con T12, T13, T14, T9, y T11; por otro lado, T12 y T13 son similares estadísticamente entre sí.

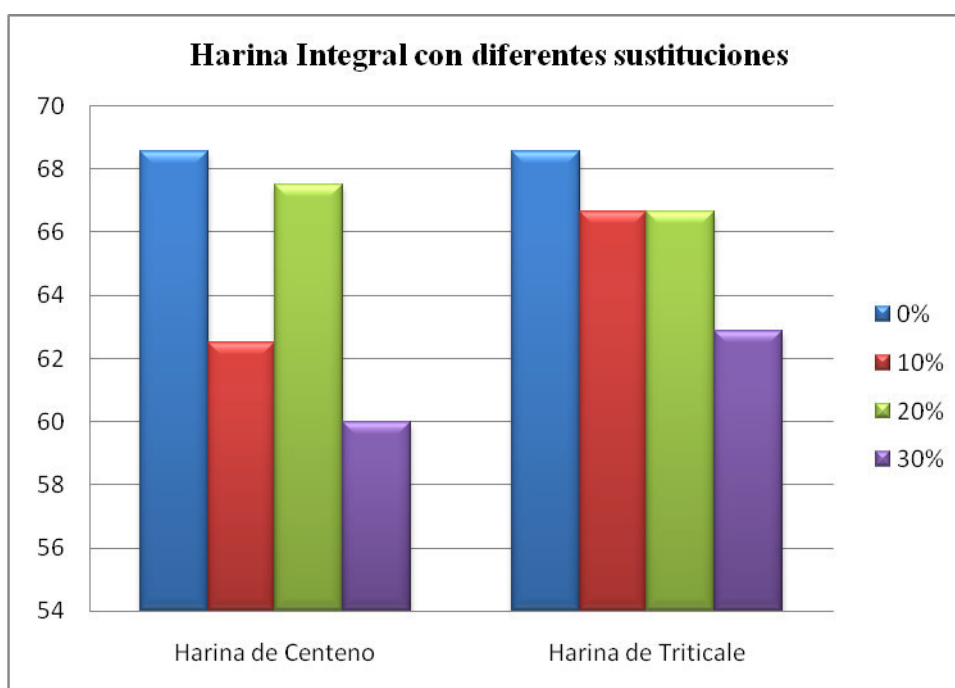


Figura 9: Color de miga (%) del pan con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

En la Figura 10 se observa que el tratamiento que tuvo igual o mejor puntaje que el testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo nacional en la característica color de miga fue el T19 (90 por ciento de harina flor de trigo nacional con 10 por ciento de harina de triticale). Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor en color de miga fue del T19, además presenta diferencia estadística con T16, T21, T18, T17, T20; por otro lado, T16 con T21 y T18 con T17 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T20.

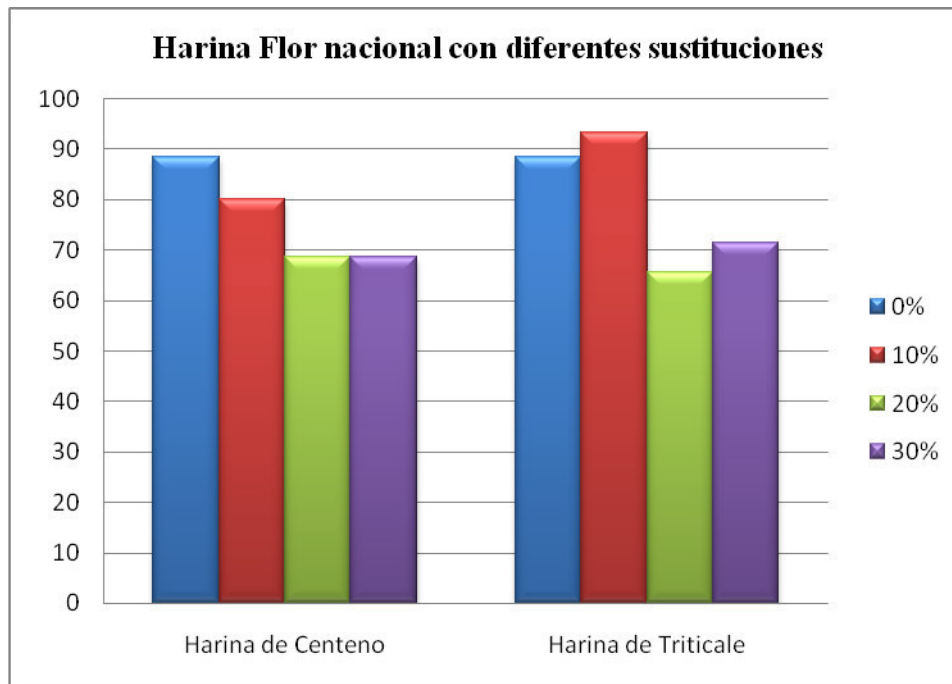


Figura 10: Color de miga (%) del pan con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

4.6.2 OLOR DE PAN

En la Figura 11 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo importado en la característica olor de pan fueron: T5 (90 por ciento de harina importada con 10 por ciento de harina de triticale), T2 (90 por ciento de harina importada con 10 por ciento de harina de centeno), T3 (80 por ciento de harina importada con 20 por ciento de harina de centeno), T7 (70 por ciento de harina importada con 30 por ciento de harina de triticale), T4 (70 por ciento de harina importada con 30 por ciento de harina de centeno), T6 (80 por ciento de harina importada con 20 por ciento de harina de triticale).

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor en olor de pan fue del T13, además presenta diferencia estadística con T2, T3, T7, T4 y T6; por otro lado, T2 y T3 son similares estadísticamente entre sí.

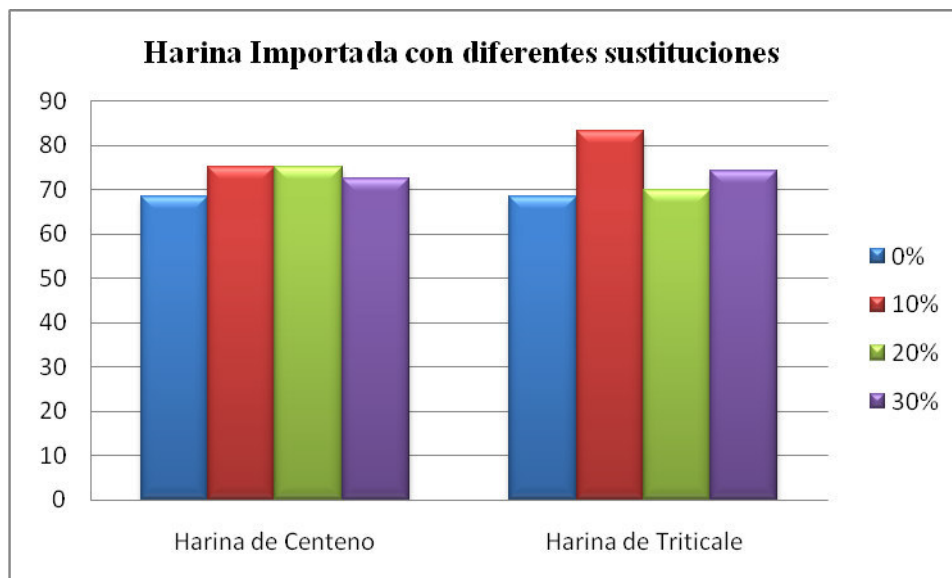


Figura 11: Olor de pan (%) con harina de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

En la Figura 12 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo elaborados con harina integral en la característica de olor de pan fueron: T10 (80 por ciento de harina integral con 20 por ciento de harina centeno), T9 (90 por ciento de harina integral con 10 por ciento de harina centeno), T14 (70 por ciento de harina integral con 30 por ciento de harina triticale), T12 (90 por ciento de harina integral con 10 por ciento de harina triticale), T13 (80 por ciento de harina integral con 20 por ciento de harina triticale), T11 (70 por ciento de harina integral con 30 por ciento de harina centeno).

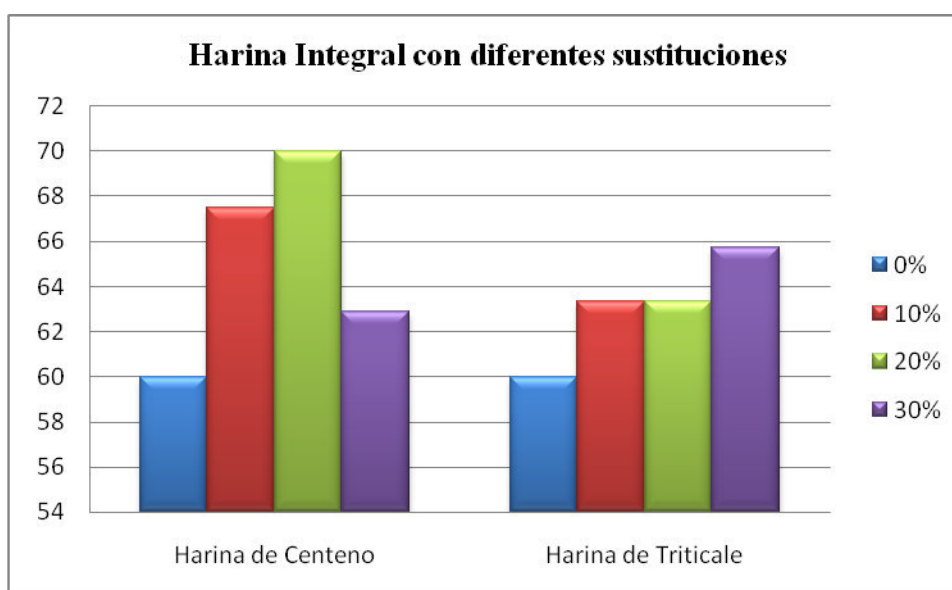


Figura 12: Olor de pan (%) con harina integral nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor en olor de pan fue del T10, además presenta diferencia estadística con T9, T14, T12, T13 y T11; por otro lado, T12 y T13 son estadísticamente similares entre sí.

En la Figura 13 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo nacional en la característica de olor de pan fueron: T19 (90% h flor de trigo nacional + 10% h triticales), T20 (80% h trigo nacional flor + 20% h triticales), T16 (90% h flor nacional + 10% h centeno), T21 (70% h flor nacional + 30% h triticales). Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor valor en olor de pan fue del T19, además presenta diferencia estadística con T16, T21, T18, T17 y T20; por otro lado, T16 con T21 y T12 con T17 son similares estadísticamente entre sí.

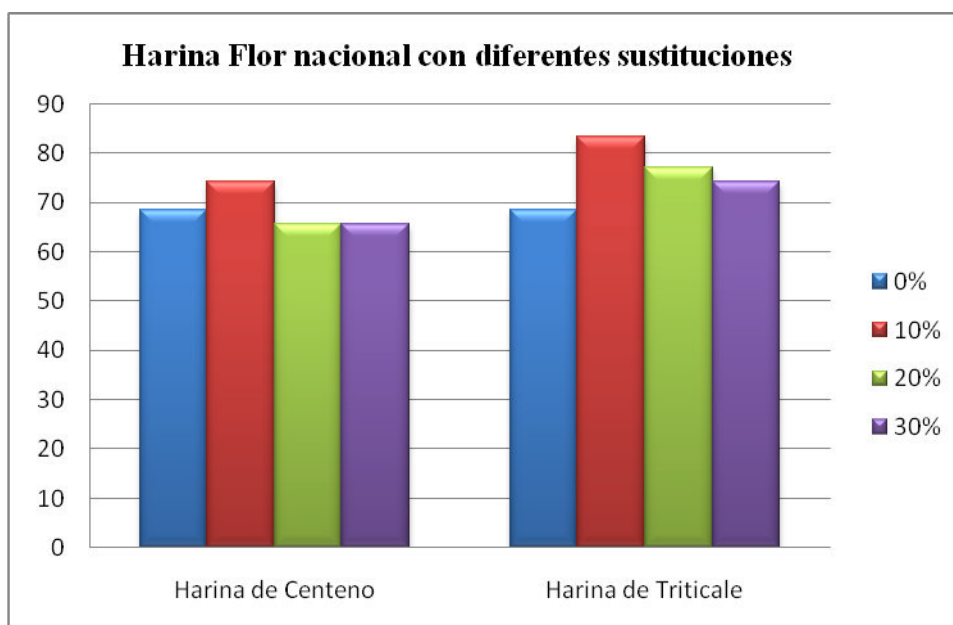


Figura 13: Olor de pan (%) con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales.

4.6.3 SABOR DE PAN

En la Figura 14 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo importado en la característica sabor de pan fueron: T6 (80 por ciento de harina importada con 20 por ciento de harina de triticales), T2 (90 por ciento de harina importada con 10 por ciento de harina centeno), T5 (90 por

ciento de harina importada con 10 por ciento de harina triticales). Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor en sabor de pan lo presentaron los tratamientos T6 y T2, además T2 y T6 son similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes a T5, T4 y T7.

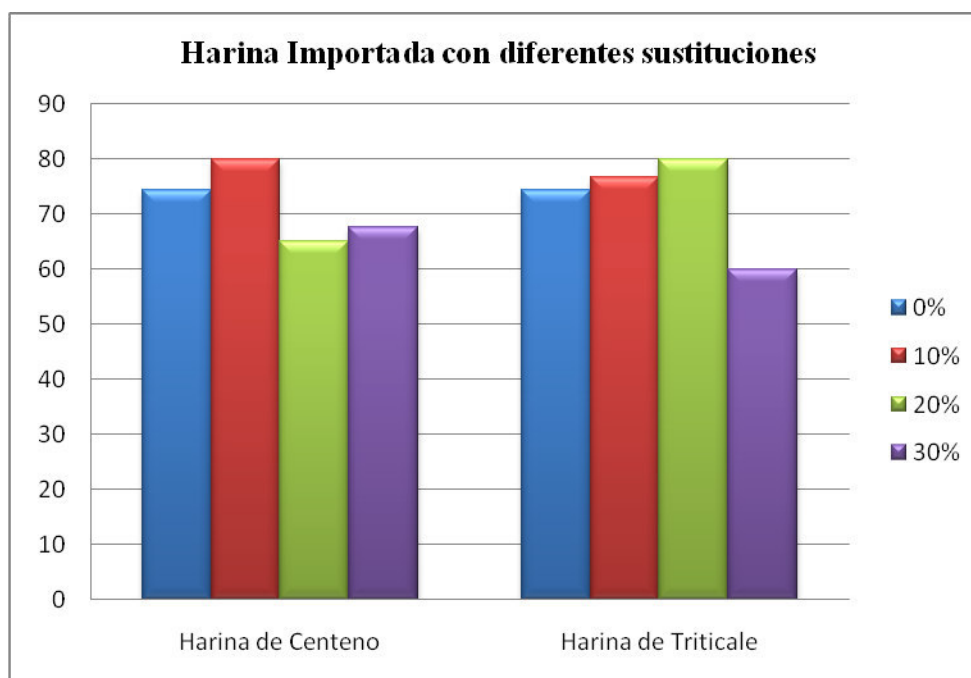


Figura 14: Sabor de pan (%) con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticales.

En la Figura 15 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina integral de trigo nacional en la característica de sabor de pan fueron: T10 (80 por ciento de harina integral nacional con 20 por ciento de harina de centeno), T9 (90 por ciento de harina integral nacional con 10 por ciento de harina de centeno), T14 (70 por ciento de harina nacional integral con 30 por ciento de harina de triticales), T12 (90 por ciento de harina integral nacional con 10 por ciento de harina de triticales), T13 (80 por ciento de harina integral nacional con 20 por ciento de harina de triticales).

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor en sabor fue del tratamiento T10, además presenta diferencia estadística con T9, T14, T12, T13 y T11, por otro lado, T12 y T13 son similares estadísticamente entre sí.

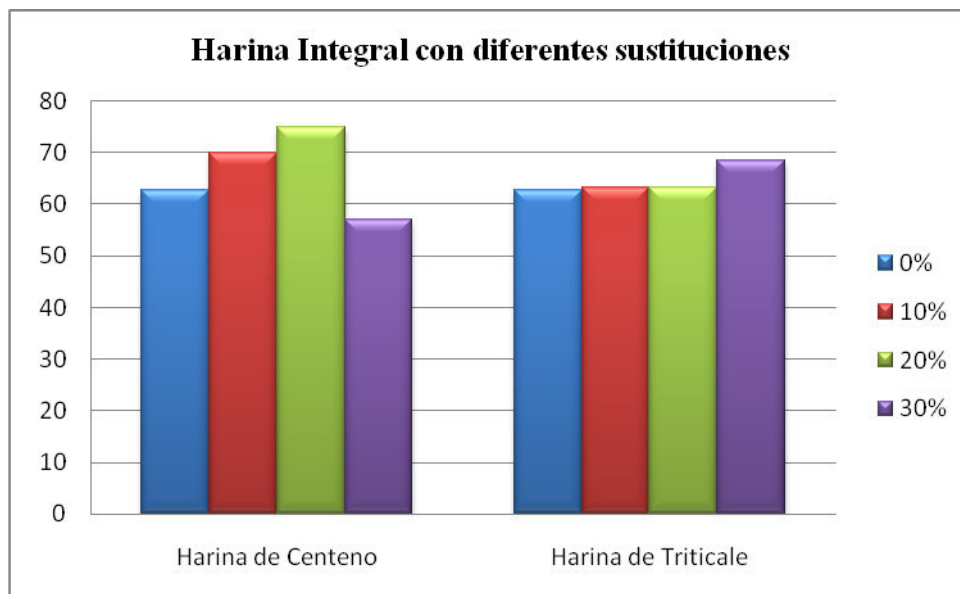


Figura 15: Sabor de pan (%) con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

En la Figura 16 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo con la harina flor de trigo nacional en la característica de sabor de pan fueron: T19 (90 % de harina flor con 10 % de harina triticale), T21 (70 % de harina flor con 30 % de harina triticale), T20 (80 % de harina flor con 20 % de harina triticale), T16 (90 % de harina flor con 10 % de harina centeno), T17 (80 % de harina flor con 20 % de harina centeno).

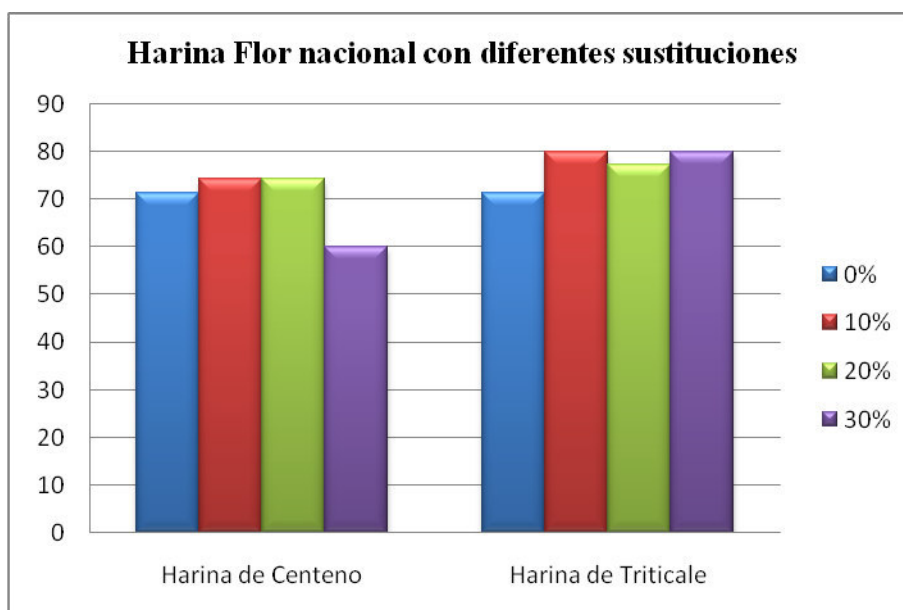


Figura 16: Sabor de pan (%) con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que los mayores valores en sabor de pan lo presentaron los tratamientos T21 y T19, siendo similares estadísticamente entre ellos, pero diferentes con T20, T16, T17 y T18; por otro lado, T16 y T17 son similares estadísticamente entre sí.

4.6.4 Textura del Pan

En la Figura 17 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo importado en la característica de textura de pan fueron: T5 (90 por ciento h. importada + 10 por ciento h triticale) y T2 (90 por ciento h importada + 10% h centeno). Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 3) se obtuvo que el mayor valor de textura del pan lo presentó el tratamiento T5, además presenta diferencia estadística con T2, T6, T4, T3, T7.

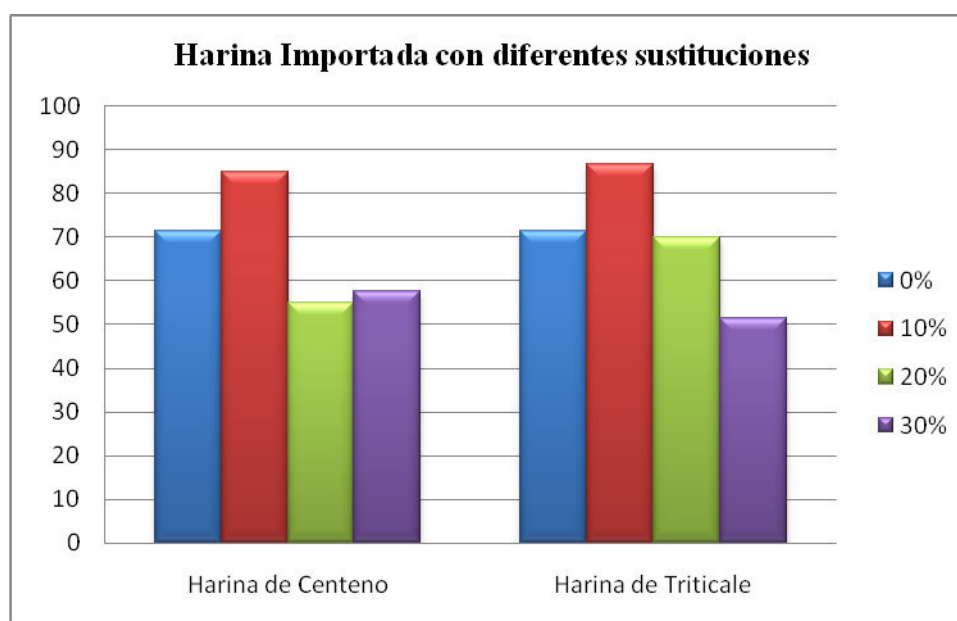


Figura 17: Textura del pan (%) con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale

En la Figura 18 se observa que el tratamiento que tuvo un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina integral de trigo nacional en la característica de textura del pan fueron: T10 (80 % de harina integral con 20 % de harina de centeno), T9 (90 % de harina integral con 10 % de harina de centeno). Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor de textura del pan fue del T10, además presenta diferencia estadística con T9, T12, T13, T11 y T14.

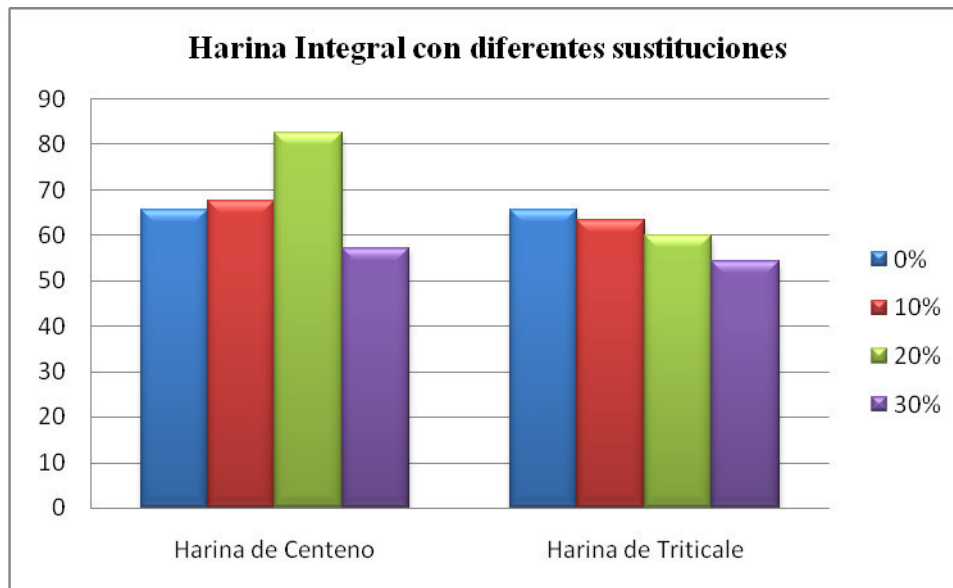


Figura 18: Textura del pan (%) con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

En la Figura 19 se observa que el tratamiento que tuvo un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo nacional en la característica de textura del pan fue el T19 (90 % harina flor de trigo nacional con 10 % de harina de triticale). Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor de textura del pan fue del T19, además presenta diferencia estadística con T16, T20, T21, T18, T17, por otro lado, T20 y T21 son similares estadísticamente entre sí.

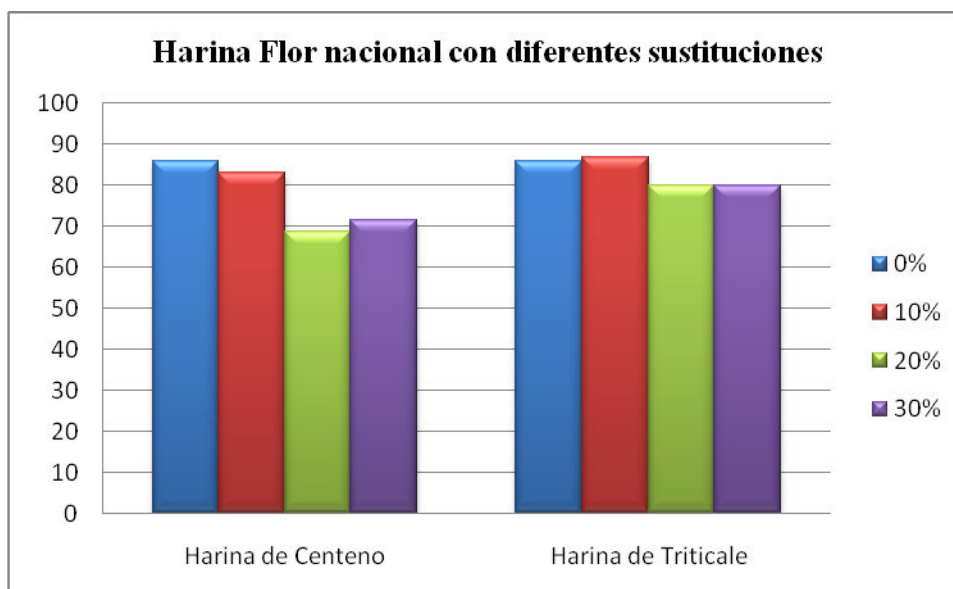


Figura 19: Textura del pan (%) con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

4.6.5 Aceptabilidad

En la Figura 20 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo importado en la característica de aceptabilidad fueron: T2 (90 % de harina importada con 10 % de harina de centeno) y T5 (90 % de harina importada con 10 % de harina de triticale).

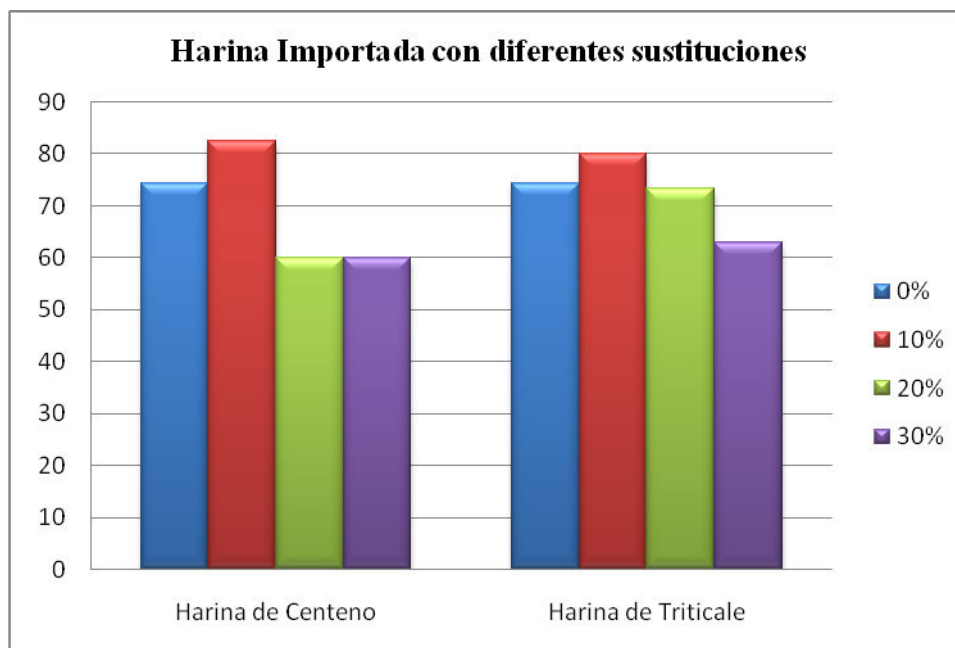


Figura 20: Aceptabilidad del pan (%) con harina flor de trigo importado según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor de aceptabilidad fue del T2, además T2 y T5 presentan diferencia estadística con T14, T15, T3 y T4; por otro lado, T3 y T4 son estadísticamente similares entre sí.

En la Figura 21 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina integral de trigo nacional en la característica de aceptabilidad fueron: T10 (80 % harina integral de trigo nacional con 20 % harina de centeno), T9 (90 % harina integral de trigo nacional con 10 % harina centeno), T12 (90 % de harina integral de trigo nacional con 10 % harina triticale), T14 (70 % harina integral de trigo nacional con 30 % harina triticale), T11 (70 % de harina integral de trigo nacional con 30 % de harina centeno), T13 (80 % harina integral de trigo nacional con 20 % harina triticale).

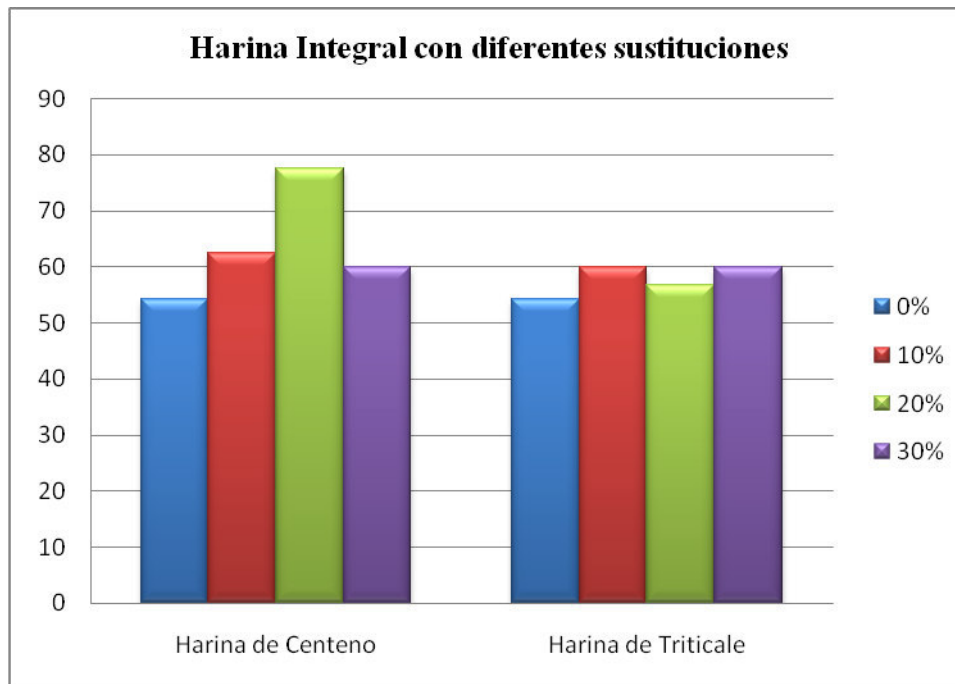


Figura 21: Aceptabilidad del pan (%) con harina integral de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor de aceptabilidad lo presentó el tratamiento T10, además presenta diferencia estadística con T9, T11, T12, T14, T13; por otro lado, T11, T12 y T14 son similares estadísticamente entre sí.

En la Figura 22 se observa que los tratamientos que tuvieron un puntaje muy cercano al testigo o pan elaborado con la harina flor de trigo nacional en la característica de aceptabilidad fue el T19 (90 % de harina flor de trigo nacional y 10 % de harina de triticale), T16 (90 % de harina flor de trigo nacional y 10 % de harina de centeno), T20 (80 % de harina flor de trigo nacional y 20 % de harina de triticale).

Mediante la comparación promedio de las muestras (Anexo 2) se obtuvo que el mayor valor de aceptabilidad fue del T19, además presenta diferencia estadística con T16, T20, T21, T17 y T18.

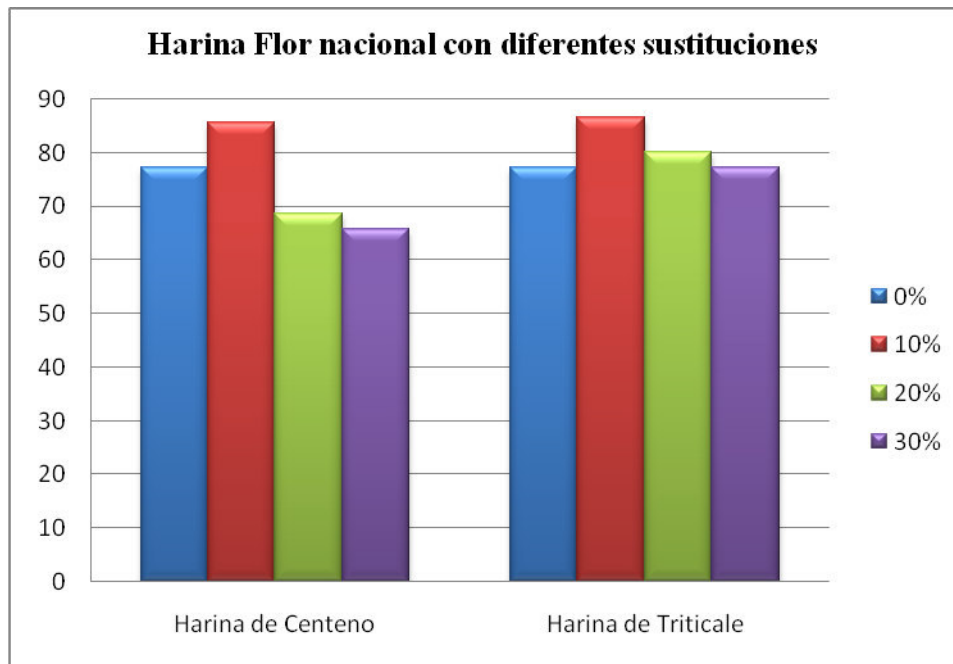


Figura 22: Aceptabilidad del pan (%) con harina flor de trigo nacional según el porcentaje de sustitución de la harina integral de centeno y triticale.

Finalmente, luego de realizado todas las pruebas sensoriales de los panes en diferentes sustituciones con harinas sucedáneas, se determinó que la harina flor de trigo importado al 10 por ciento de sustitución de harina de triticale seguida de la harina flor de trigo importado al 10 por ciento de sustitución de harina de centeno, la harina integral de trigo nacional al 20 por ciento de sustitución de harina de centeno y la harina flor de trigo nacional al 10 por ciento de sustitución de harina de triticale seguida de la harina flor de trigo nacional al 30 por ciento de sustitución de harina de triticale presentan buenas características sensoriales.

V. CONCLUSIONES

- Los resultados confirman la posibilidad de utilizar harinas sucedáneas (Centeno y Triticale) como sustituto parcial de la harina de trigo importado, integral y flor nacional en la elaboración de panes de tipo molde.
- Al realizar la sustitución con la harina de centeno y triticale se obtienen panes con mayor ancho, menor altura, menor volumen y mayor peso que los panes al 0 por ciento de sustitución.
- Los panes elaborados a base de harina importada con el 10 por ciento de sustitución de harina de centeno, a base de harina integral nacional con el 20 por ciento de sustitución de harina de centeno y a base de harina flor nacional con el 30 por ciento de sustitución de harina de triticale, muestran mejores resultados físicos y una mayor aceptabilidad.

VI. RECOMENDACIONES

- Trabajar la harina de trigo importada y harina de trigo nacional con harinas sucedáneas a fin de obtener harinas de media fuerza y observar panes sucedáneos.
- Evaluar la calidad nutritiva y biológica de los panes de molde con las harinas sucedáneas.
- Evaluar los parámetros de calidad en la determinación del tiempo de vida útil sensorial del pan de molde complementados con harina integral de centeno y triticale.
- Trabajar con panelistas entrenados para determinar un valor de aceptabilidad arbitrario a emplear en futuras determinaciones del Tiempo de vida útil sensorial de productos procesados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. 11th edition. St. Paul, MN, USA.
- Anzaldúa-morales, A 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la Teoría y la Práctica. Zaragoza, España. Editorial Acribia
- A.O.A.C. 1998. Official Methods of Analysis. 18th Edition. Association of Official Analytical Chemists. U.S.A.
- Barrera, G; Bassi, R; Reyes Martinez, A; Leon, A; Ribotta, P. 2012. Efectos de diferentes fracciones de harinas de trigo obtenidas con molino industrial sobre la calidad de galletitas dulces. Revista Agriscientia 29(2):69-79
- Calaveras, J. 1996. Tratado de panificación y bollería. Madrid,. España, AMV
- Calaveras, J. 2004. Nuevo tratado de panificación y bollería. España, Editorial Acribia.
- Castelli, E. 2002. Ensayo comparativo de sustitutos del bromato de potasio para su uso en panificación. Revista Invenio 5(8):133-140
- Castro, C. 1992. Sustitución del trigo por harina de cañigua en la elaboración de panes, galleta y queques. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú, UNALM.
- Chopin. 2013. Métodos y equipos para el control de calidad de cereales y sus derivados (en línea). FR. Consultado 12 may. 2013. Disponible en <http://www.chopin.fr/media/produits/pdf/alveoconsistographe-es.pdf>

- Collazos, C; Alvistur, E; Vasquez, J; Quiroz, A; Herrera, N; Robles, N; Arias, M; Viñas, E; Urquieta, R; Dias, C; Roca, A; Faching, A; Hernandez, E. 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos. Séptima Edición. Ministerio de Salud. INS. Lima. Perú.
- De La Cruz, W. 2009. Complementación proteica de harina de trigo (*Triticum Aestivum* L.) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil. Tesis M. Sc. Lima, Perú, UNALM
- De La Vega, G. 2009. Proteínas de la harina de trigo: Clasificación y propiedades funcionales. Temas de Ciencia y Tecnología 13(38):27-32
- Dendy, D; Dobraszczyk, B. 2001. Cereales y Productos derivados. Química y Tecnología. España. Editorial Acribia.
- Edel, A; Gomez, M; Rosell, C; Moita, C; Haros, M; Joao, M; Pedroza, R; Perez, E; Gularte, M; Concha, C; Repo-Carrasco-V, R; Cortez, G; Onofre, R; Quispe, L; Ramos, I; Ronayne, P; Oliete, B; Bonastre, O; Ribotta, P; Añon, M; Puppo, M; Arocha, M; Perez, G. 2007. De Tales Harinas, Tales Panes: Granos, Harinas y Productos de Panificación en Iberoamérica. Primera Edición. Córdoba, Argentina
- Espitia, E; Martínez, E; Peña, R; Villaseñor, H; Huerta, J. 2008. Polimorfismo de gluteninas de alto peso molecular y su relación con trigos harineros para temporal. Agricultura Técnica en México 34(1):57-67
- FAO/OMS/UNU .1985. Necesidades de energía y de proteínas. Serie de informes técnicos 724. Roma
- FAO/WHO/UNU. 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Geneva. WHO technical report series 935.

FAOSTAT. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Value of Agricultural Production. Disponible en <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>. Visitado el 15 de Julio del 2014.

FAOSTAT. 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Value of Agricultural Production. Disponible en http://faostat3.fao.org/browse/rankings/major_commodities_exports/S. Visitado el 02 de Mayo del 2016.

Fernandez, J. 2005. Introducción y propiedades físicas. Ampliación de Ingeniería de Alimentos. Almería, España, UA

Ferreras, R. 2009. Análisis reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda de grano de trigo. Tesis Ing. Agr. Zamora, España, USAL.

FUNIBER. 2014. Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos (en línea). Consultado 10 de Octubre del 2014. Disponible en <http://www.composicionnutricional.com/alimentos/HARINA-DE-CENTENO-1>

Gil, A. 2010. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Segunda edición. Editorial Panamericana. Capítulo 5. España

Gil, A; Serra, Ll. 2010. Libro Blanco del Pan. Editorial Panamericana. España

GRANOTEC. 2010. Informe de Calidad de la Cosecha del Trigo del año 2009 a 2010. Lima. Perú

Gomez, L; Ibañez, M. 2012. Determinación de la calidad de la harina de kiwicha como sustituto del trigo harinero en la elaboración de panes III. Revista especializada de la panificación, pastelería, heladería, chocolatería y afines. Lima, Perú, UNALM

- Islas, A; Macritchie, F; Gandikota, S; Hou, G. 2005. Relaciones de la composición proteínica y mediciones reológicas en masa con la calidad panadera de harinas de trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(3):243-251
- Jimenez, L. 2008. Incremento del valor nutritivo de la pasta base para la elaboración de pizza, mediante la incorporación de chocho. Tesis Ing. Industrialización de Alimentos. Quito, Ecuador, UTE
- Juarez, Z.; Barcenas-Pozos, M.; Hernandez, L. 2014. El grano de trigo: Características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 8(1):79-93
- Lira, J. 2014. Producción nacional de trigo creció 1.8 % entre el 2008 y 2013. *Gestión*. Lima, PE, mar 28:1
- Lira, J. 2016. Industria molinera peruana demanda anualmente dos millones de TM de trigo. *Gestión*. Lima, PE, abr 13:2
- Magaña-Barajas, E.; Ramírez-Wong, B.; Platt-Lucero, L.; López-Ahumada, G.; Torres, P.; Sánchez-Machado, D. 2009. Caracterización visco-elástica de masas de variedades de trigos suaves. *Tecnología, Ciencia, Educación* 24(1):12–22
- Magaña, E; Ramírez, B; Torres, P; Sánchez, D; López, J. 2011. Efecto del contenido de proteína, grasa y levadura en las propiedades viscoelásticas de la masa y la calidad de pan tipo francés. *Interciencia* 36(4):248-255
- Mellado, M.; Matus, I.; Madariaga, R. 2008. Antecedentes sobre el Triticale en Chile y otros países. Instituto de investigaciones agropecuarias. Chillán, Chile
- Mesas, J.; Alegre, M. 2002. El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 3(5):307–313

- MINAG. Ministerio De Agricultura. 2017. Series históricas de producción agrícola – Compendio estadístico. Disponible en: <http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/>. Visitado el 25 de Marzo del 2017.
- Moncada, Y. 2007. Calidad de grano de trigo provenientes de la sierra del Perú. Tesis M.Sc. Lima, Perú, UNALM
- Othon, S.; Saldivar, S. 1996. Química, Almacenamiento e Industrialización de los cereales. Monterrey, México
- Pazmiño, M. 2013. Determinación del perfil de la harina de trigo (*Genustriticum*) tipo panadera elaborada en molinos cordillera- Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniera de alimentos. Quito, Ecuador.
- Peña, R. 2003. Influencia de la Textura del Endospermo y la Composición de las Proteínas del Gluten en la calidad panadera del trigo. Avances y Perspectivas en la Calidad Industrial del Trigo. Mexico, CIMMYT. pp: 23-40.
- Quaglia, G. 1991. Ciencia y Tecnología de la Panificación. Segunda edición. Zaragoza, España. pp. 239-258. Editorial Acribia
- Quiroz, L. 2000. Caracterización de veintiocho genotipos de Triticale (*X. Triticosecale Wittmack*) del banco de germoplasma del programa de cereales UNALM. Tesis Ing. Agr. Lima, Peru, UNALM
- Saavedra, C. 2005. Formulación, elaboración y evaluación sensorial de helados para diabéticos. Tesis Ing. de Industrias Alimentarias. Lima. Perú, UNALM
- Salazar, E.; Marcano, M. 2011. La harina de ñame (*dioscorea alata*), un ingrediente potencial en la elaboración de productos de panadería. Saber Revista multidisciplinaria 23(2): 134-140 Venezuela, UDO

- Salomón, N.; Aldalur, B.; Cuniberti, M.; Miranda, R. 2013. Distribución de la calidad del trigo pan argentino utilizando mapas del sistema de información geográfica. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 39(1):41-50
- Sandoval, G.; Alvarez, M.; Paredes, M.; Lascano, A. 2012. Estudio Reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria* 2(2012):123–131
- Silvas, M.; Ramírez, B.; Torres, P.; Carvajal, E.; Bello Pérez, L.; Barrón, J. 2013. Cambios fisicoquímicos en masa congelada y su efecto en la calidad del pan: una revisión. *Interciencia* 38(5):332-338
- Surco, J.; Alvarado, J. 2010. Harinas compuestas de Sorgo-Trigo para panificación. *Revista Boliviana de Química* 27(1):19-28
- Tejero, F. 2012. La reología de la masa. *Panadería y Pastelería peruana*. Edición 150. Perú
- Valderrama, 2003. Evaluación nutricional y biológica de galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca (*Lepidium meyeri* W.). Tesis M.Sc. Lima, Peru, UNALM
- Vasquez, G.; Matos, A. 2009. Evaluación de algunas características fisicoquímicas de harina de trigo peruano en función a su calidad panadera. *Revista de Investigación Universitaria* 1(1):18-24
- Yu, L.; Tsao, R.; Shahidi, F. 2012. Cereales and Pulses: Nutraceutical properties and health benefits. *Functional Food Science and Technology*. India
- Zapata, J. 2010. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú, UNALM

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Característica :

Nombres y apellidos:

Fecha : **Hora:**

Indicaciones: Usted evaluará una muestra de pan con sustitución de harina sucedánea.
Marque con una X en el lugar que indique su opinión acerca de cada muestra.

	471	423	369	738	501	685
Me gusta mucho	___	___	___	___	___	___
Me gusta	___	___	___	___	___	___
Me es indiferente	___	___	___	___	___	___
Me disgusta	___	___	___	___	___	___
Me disgusta mucho	___	___	___	___	___	___

ANEXO 2: COMPARACIÓN MEDIANTE LA PRUEBA DE TUKEY A UN 5% DE LOS VALORES PROMEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS DIFERENTES SUSTITUCIONES CON HARINAS SUCEDÁNEAS

Tabla 1: Valores promedios de dos tratamientos con mayor contenido de ceniza (%) en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina sucedáneas de centeno (integral) y triticale (integral) en 10, 20 y 30 por ciento, comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	CENIZA (%)		
T11	70 % H nacional Integral + 30 % H centeno	1.72333	A	
T14	70 % H nacional Integral + 30 % H triticale	1.69333	A	B

Tabla 2: Valores promedios de ocho tratamientos con mayor contenido de gluten húmedo (%) en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno (integral) y triticale (integral) en 10, 20 y 30 por ciento, comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	GLUTEN HÚMEDO (%)					
T1	100 % H importada	29,327	A				
T2	90 % H imp + 10 % H centeno	27,937	A	B			
T19	90 % H nacional Flor + 10 % H triticale	25,243	A	B	C		
T15	100 % H nacional flor	25,067	A	B	C		
T20	80 % H nacional Flor + 20 % H triticale	24,040	A	B	C		
T16	90 % H nacional Flor + 10 % H centeno	23,667	A	B	C		
T17	80 % H nacional Flor + 20 % H centeno	22,660	A	B	C	D	
T3	80 % H imp + 20 % H centeno	21,463	A	B	C	D	E

Tabla 3: Valores promedios de once tratamientos con mayor contenido de gluten seco (%) en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno y triticale en 10, 20 y 30 por ciento, comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0,05$)

N°	TRATAMIENTO	GLUTEN SECO (%)							
T1	100 % H importada	10,9433							
T2	90 % H imp + 10 % H centeno	10,5767	A						
T19	90 % H nacional Flor + 10 % H triticale	9,69	A	B					
T15	100 % H nacional flor	9,12	A	B	C				
T3	80 % H imp + 20 % H centeno	9,0933	A	B	C	D			
T17	80 % H nacional Flor + 20 % H centeno	9,0367	A	B	C	D			
T20	80 % H nacional Flor + 20 % H triticale	8,6033	A	B	C	D	E		
T16	90 % H nacional Flor + 10 % H centeno	8,5533	A	B	C	D	E		
T5	90 % H imp + 10 % H triticale	8,3733	A	B	C	D	E	F	
T12	90 % H nacional Integral + 10 % H triticale	8,28	A	B	C	D	E	F	G
T13	80 % H nacional Integral + 20 % H triticale	7,7333	A	B	C	D	E	F	G
									H

Tabla 4: Valores promedios de nueve tratamientos con mayor contenido de humedad (%) en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno (integral) y triticale (integral) en 10, 20 y 30 por ciento, comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)					
T6	80 % H imp + 20 % H triticale	11,3467	A				
T17	80 % H nacional Flor + 20 % H centeno	11,3233	A	B			
T2	90 % H imp + 10 % H centeno	11,2633	A	B	C		
T16	90 % H nacional Flor + 10 % H centeno	11,2	A	B	C	D	
T1	100 % H importada	11,1933	A	B	C	D	
T15	100 % H nacional flor	11,1933	A	B	C	D	
T20	80 % H nacional Flor + 20 % H triticale	10,89	A	B	C	D	E
T21	70 % H nacional Flor + 30 % H triticale	10,82	A	B	C	D	E
T18	70 % H nacional Flor + 30 % H centeno	10,53	A	B	C	D	E

Tabla 5: Valores promedios de once tratamientos con mayor contenido de proteína (%) en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina sucedáneas de centeno (integral) y triticale (integral) en 10, 20 y 30 por ciento, comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	PROTEINA (%)					
T8	100 % H nacional integral	11,7133	A				
T1	100 % H importada	11,0467	A	B			
T4	70 % H imp + 30 % H centeno	10,6467	A	B	C		
T9	90 % H nacional Integral + 10 % H centeno	10,38	A	B	C		
T10	80 % H nacional Integral + 20 % H centeno	10,2467	A	B	C		
T11	70 % H nacional Integral + 30 % H centeno	10,06	A	B	C	D	
T3	80 % H imp + 20 % H centeno	9,98	A	B	C	D	
T2	90 % H imp + 10 % H centeno	9,8467	A	B	C	D	E
T17	80 % H nacional Flor + 20 % H centeno	9,8467	A	B	C	D	E
T18	70 % H nacional Flor + 30 % H centeno	9,8467	A	B	C	D	E
T12	90 % H nacional Integral + 10 % H triticale	9,58	A	B	C	D	E

Tabla 6: Valores promedios de nueve tratamientos con mayor contenido de Falling Number (s) en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina sucedáneas de centeno (integral) y triticale (integral) en 10, 20 y 30 por ciento, comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	FALLING NUMBER (s)	
T1	100 % H importada	435,67	A
T8	100 % H nacional integral	434,67	A
T15	100 % H nacional flor	410,67	A

Tabla 7: Valores promedios de nueve tratamientos con mayor contenido de tiempo de amasado en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno (integral), triticale (integral) en 10, 20 y 30 por ciento, comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	TIEMPO DE AMASADO (min)					
T6	80 % H imp + 20 % H triticale	4,96	A				
T10	80 % H nacional Integral + 20 % H centeno	4,3833	A	B			
T9	90 % H nacional Integral + 10 % H centeno	3,96	A	B	C		
T8	100 % H nacional integral)	3,7167	A	B	C	D	
T5	90 % H imp + 10 % H triticale	3,61	A	B	C	D	
T16	90 % H nacional Flor + 10 % H centeno	3,5833	A	B	C	D	
T1	100 % H importada	3,3033	A	B	C	D	E
T4	70 % H imp + 30 % H centeno	3,2667	A	B	C	D	E
T12	90 % H nacional Integral + 10 % H triticale	3,15	A	B	C	D	E

Tabla 8: Valores promedios de diecinueve tratamientos con mayor contenido de altura en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno (integral) y triticale (integral) en 10, 20 y 30 por ciento , comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	ALTURA (cm)		
T9	90 % H nacional Integral + 10 % H centeno	10,30	A	
T4	70 % H importada + 30 % H centeno	10,067	A	
T11	70 % H nacional Integral + 30 % H centeno	9,967	A	
T1	100 % H importada	9,667	A	B
T10	80 % H nacional Integral + 20 % H centeno	9,367	A	B
T8	100 % H nacional integral	9,267	A	B
T13	80 % H nacional Integral + 20 % Htriticale	9,267	A	B
T17	80 % H nacional Flor + 20 % Hcenteno	9,200	A	B
T12	90 % H nacional Integral + 10 % Htriticale	9,133	A	B
T16	90 % H nacional Flor + 10 % Hcenteno	8,567	A	B
T14	70 % H nacional Integral + 30 % Htriticale	8,367	A	B
T3	80 % H importada + 20 % H centeno	8,1	A	B

«continuación»

T5	90 % H imp + 10 % H triticales	7,967	A	B
T2	90 % H imp + 10 % H centeno	7,933	A	B
T6	80 % H imp + 20 % H triticales	7,433	A	B
T21	70 % H nacional Flor + 30 % H triticales	7,267	A	B
T15	100 % H nacional flor	6,700	A	B
T18	70 % H nacional Flor + 30 % H centeno	6,433	A	B
T19	90 % H nacional Flor + 10 % H triticales	6,200	A	B

Tabla 9: Valores promedios de diecisiete tratamientos con mayor contenido de ancho (cm) de pan en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno (integral) y triticales (integral) en 10, 20 y 30 por ciento, comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0,05$)

N°	TRATAMIENTO	ANCHO (cm)				
T10	80 % H nacional Integral + 20 % H centeno	12	A			
T4	70 % H imp + 30 % H centeno	12	A			
T9	90 % H nacional Integral + 10 % H centeno	11,9333	A	B		
T7	70 % H imp + 30 % H triticales	11,8333	A	B	C	
T14	70 % H nacional Integral + 30 % H triticales	11,8333	A	B	C	
T16	90 % H nacional Flor + 10 % H centeno	11,7667	A	B	C	
T2	90 % H imp + 10 % H centeno	11,5667	A	B	C	D
T13	80 % H nacional Integral + 20 % H triticales	11,5	A	B	C	D
T19	90 % H nacional Flor + 10 % H triticales	11,5	A	B	C	D
T6	80 % H importada + 20 % H triticales	11,5	A	B	C	D
T3	80 % H importada + 20 % H centeno	11,4333	A	B	C	D
T1	100 % H importada	11,3333	A	B	C	D
T17	80 % H nacional Flor + 20 % H centeno	11,3	A	B	C	D
T8	100 % H nacional integral	11,1333	A	B	C	D
T12	90 % H nacional Integral + 10 % H triticales	11	A	B	C	D
T5	90 % H imp + 10 % H triticales	11	A	B	C	D
T15	100 % H nacional flor	11	A	B	C	D

Tabla 10: Valores promedios de tres tratamientos con mayor contenido de altura (cm) de pan en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno y triticale (10,20,30 %), comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	ALTURA (cm)			
T1	100 % H importada	12,8333	A		
T15	100 % H nacional flor	12,5	A	B	
T16	90 % H nacional Flor + 10 % H centeno	11,9	A	B	C

Tabla 11: Valores promedios de dos tratamientos con mayor contenido de volumen (cc) de pan en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno y triticale (10,20,30 %), comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	VOLUMEN (cc)		
T1	100 % H importada	2683,33	A	
T15	100 % H nacional flor	2633,33	A	B

Tabla 12: Valores promedios de doce tratamientos con mayor contenido de peso (g) de pan en mezclas de harina de trigo con sustitución de harina de centeno y triticale (10,20,30 %), comparación mediante prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

N°	TRATAMIENTO	PESO (g)					
T13	80 % H nacional Integral + 20 % H triticale	411,253	A				
T12	90 % H nacional Integral + 10 % H triticale	410,333	A				
T6	80 % H importada + 20 % H triticale	410,257	A				
T11	70 % H nacional Integral + 30 % H centeno	410,103	A				
T10	80 % H nacional Integral + 20 % H centeno	408,743	A	B			
T8	100 % H nacional integral	408,637	A	B			
T3	80 % H imp + 20 % H centeno	408,6	A	B			
T14	70 % H nacional Integral + 30 % H triticale	408,067	A	B			
T21	70 % H nacional Flor + 30 % H triticale	407,687	A	B	C		
T9	90 % H nacional Integral + 10 % H centeno	406,847	A	B	C	D	
T5	90 % H importada + 10 % H triticale	406,337	A	B	C	D	E
T20	80 % H nacional Flor + 20 % H triticale	406,24	A	B	C	D	E

ANEXO 3: FIGURAS DE LA COMPARACIÓN DE LOS VALORES PROMEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS MEDIANTE LA PRUEBA DE TUKEY ($\alpha=0.05$)

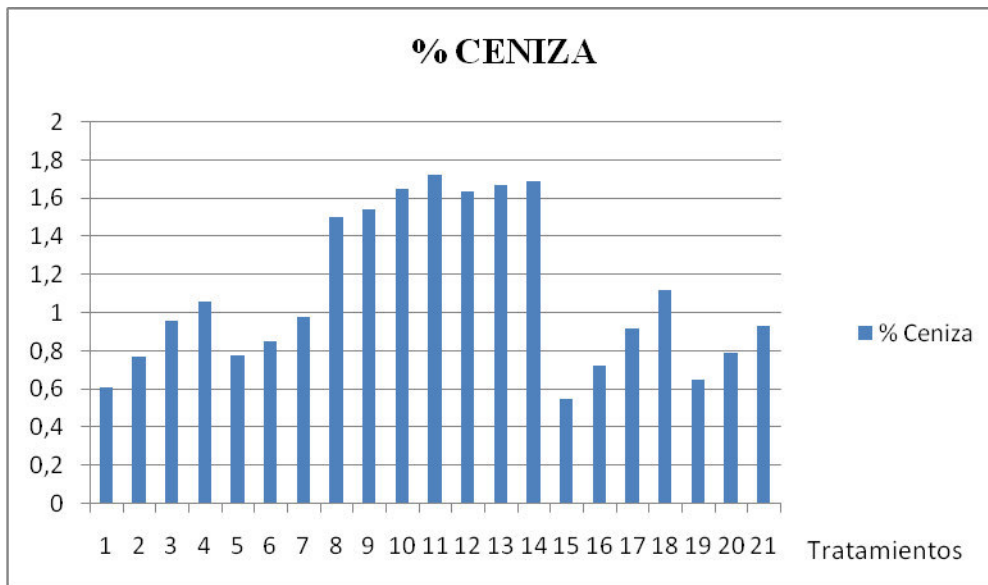


Figura 1: Valores promedios de la prueba de ceniza en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno y triticale, comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

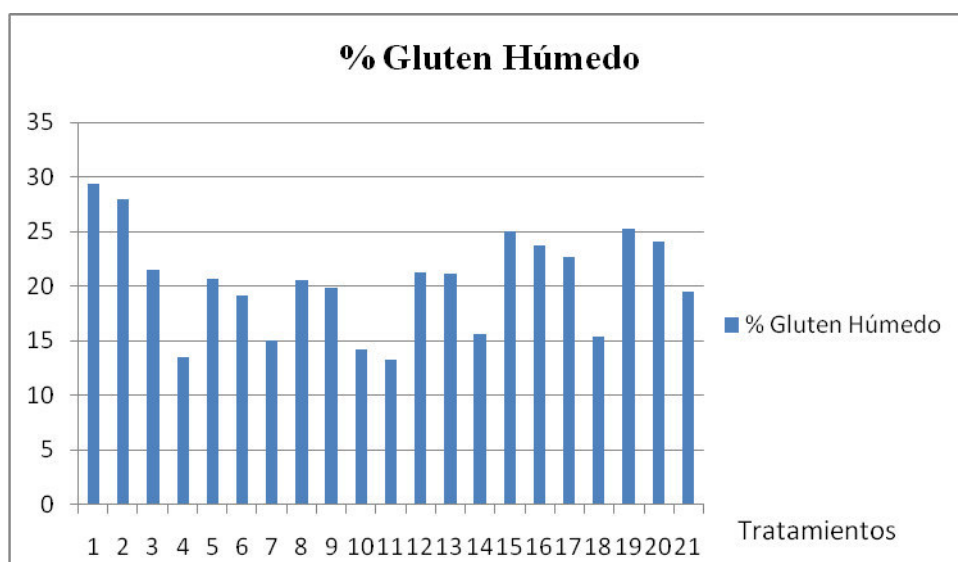


Figura 2: Valores promedios de la prueba de Gluten Húmedo en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno y triticale, comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

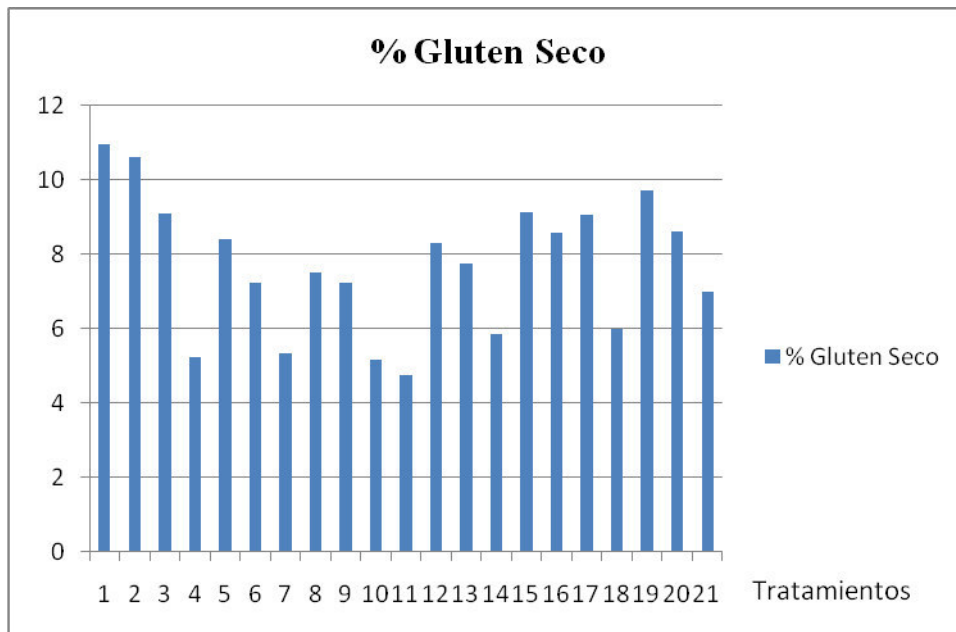


Figura 3: Valores promedios de la prueba de Gluten Seco en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno y triticale, comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

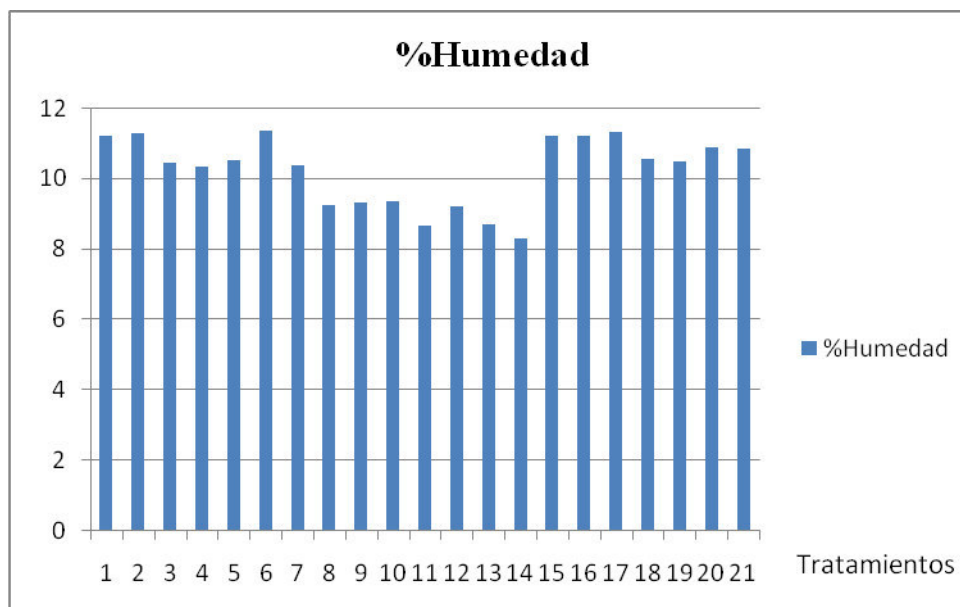


Figura 4: Valores promedios de la prueba de humedad en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno y triticale, comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

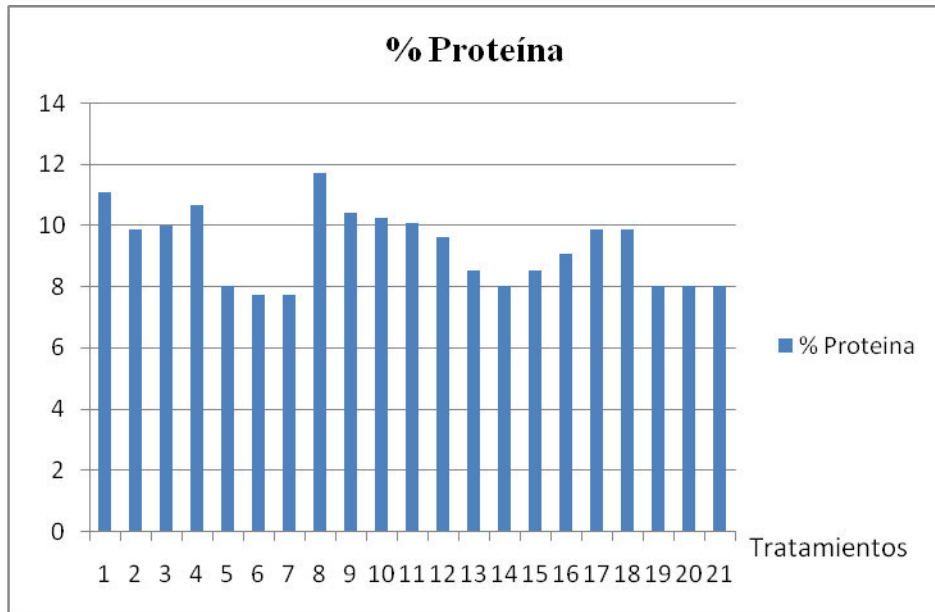


Figura 5: Valores promedios de la prueba de proteína en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno (integral) y triticale (integral), comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

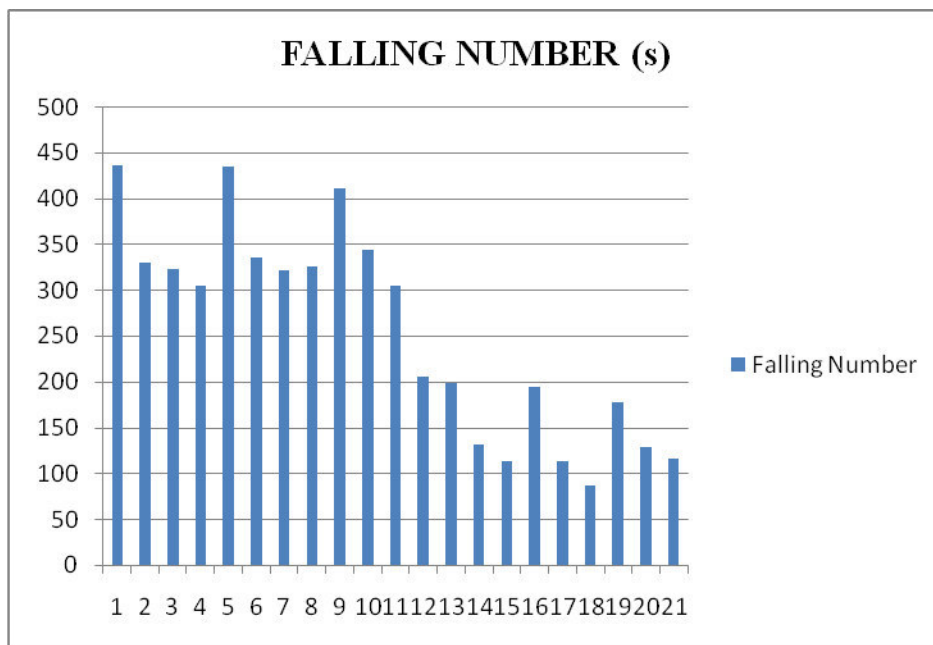


Figura 6: Valores promedios de la prueba de falling number (s) en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno (integral) y triticale (integral), comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

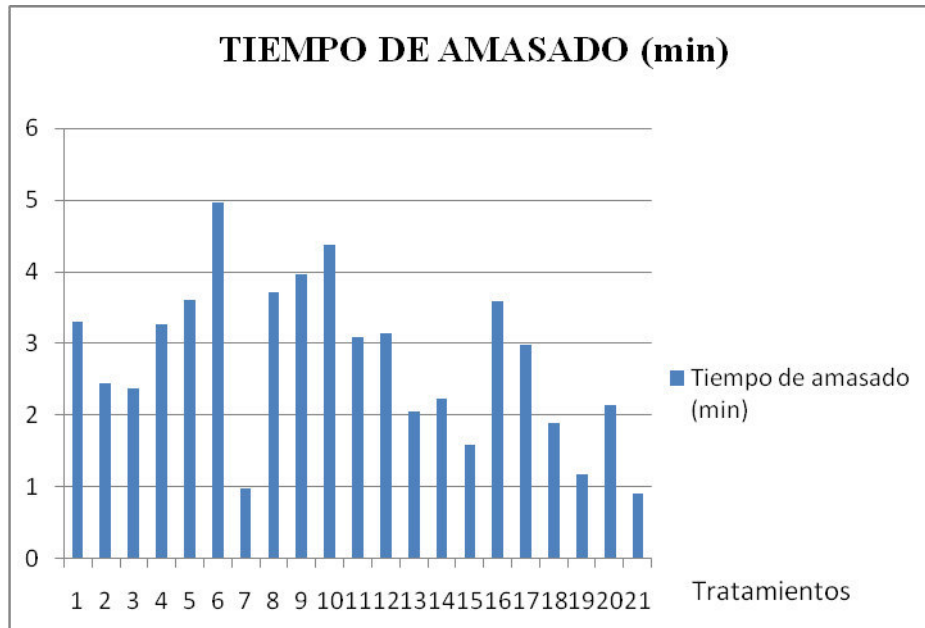


Figura 7: Valores promedios del tiempo de amasado en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno (integral) y triticale (integral), comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

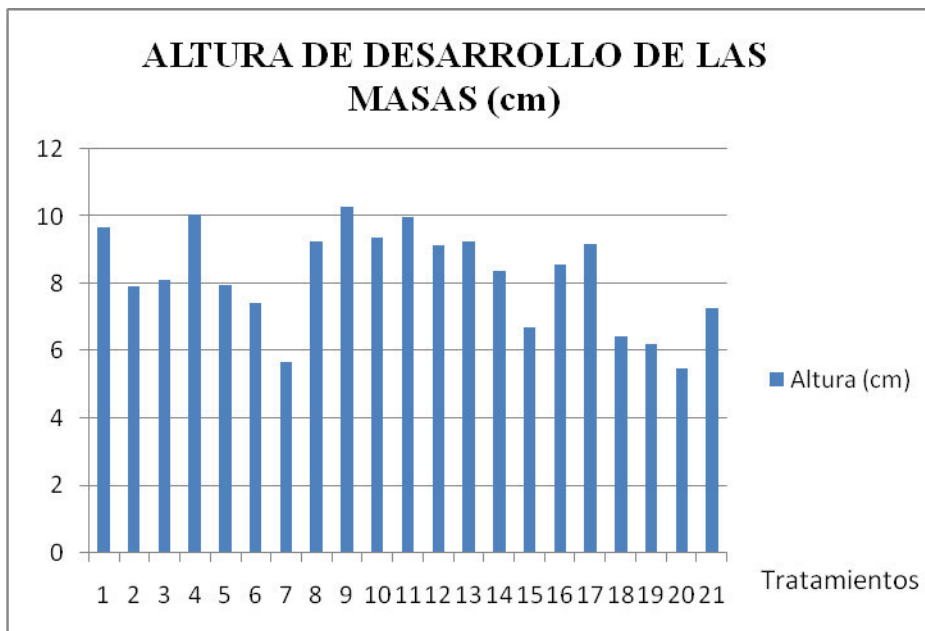


Figura 8: Valores promedios de la altura (cm) en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno y triticale, comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

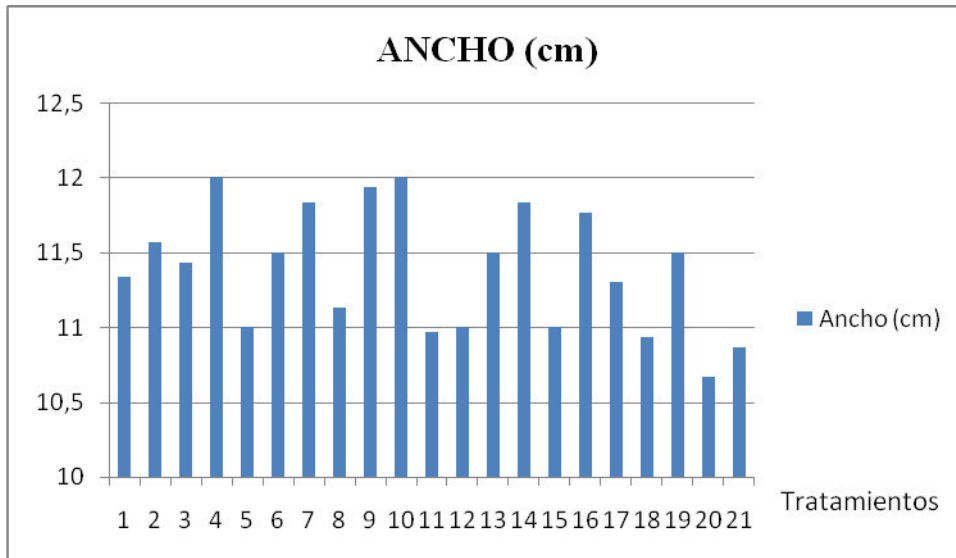


Figura 9: Valores promedios del ancho de pan (cm) en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno(integral) y triticale (integral), comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

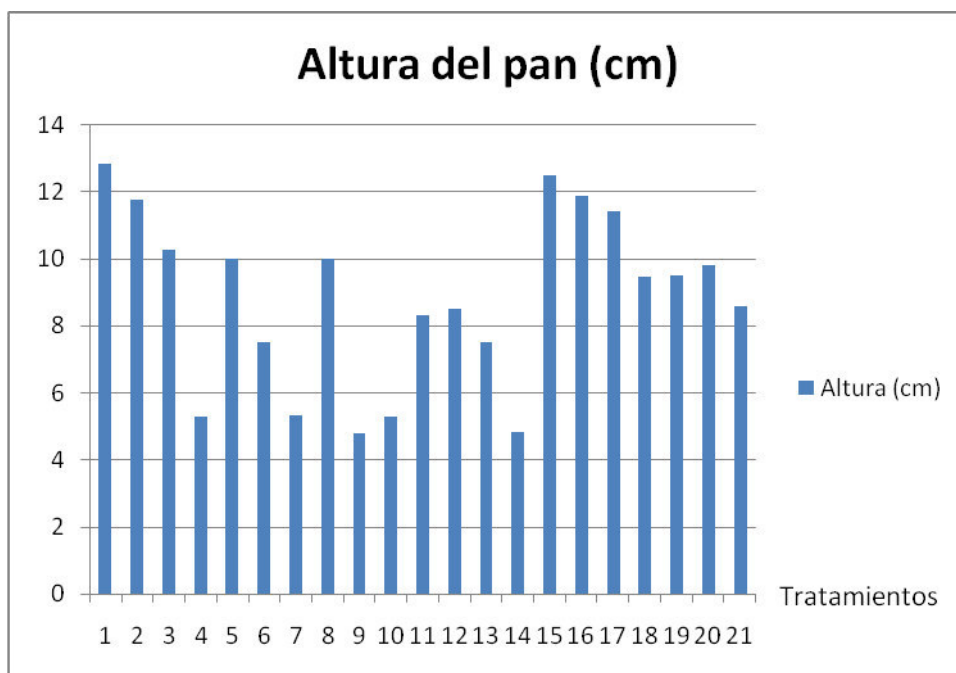


Figura 10: Valores promedios de la altura del pan (cm) en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno(integral) y triticale (integral), comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

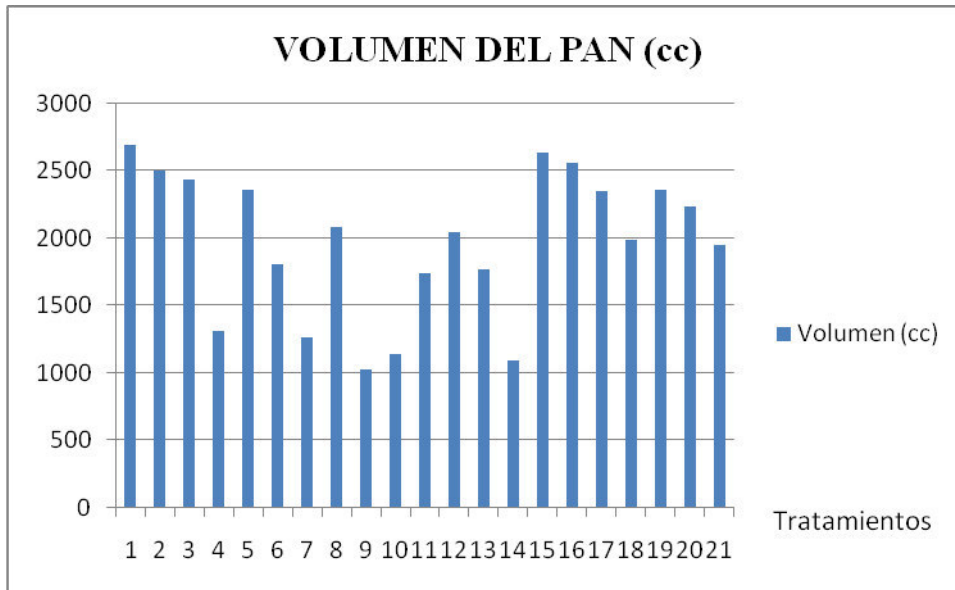


Figura 11: Valores promedios del volumen del pan (cc) en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno y triticale, comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

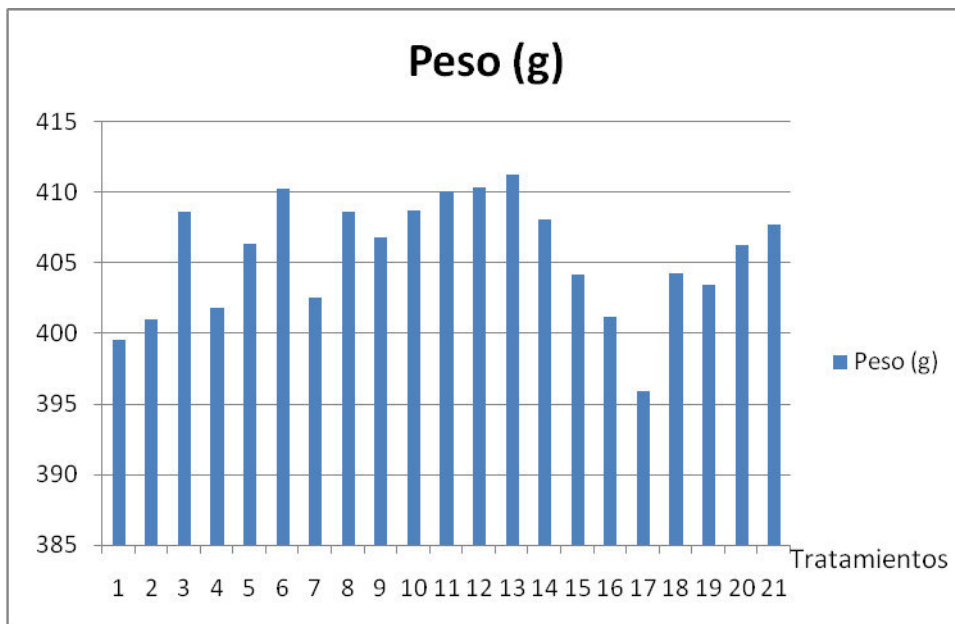


Figura 12: Valores promedios del peso del pan (g) en las mezclas de harina de trigo con sustituciones (10,20,30 %) de harinas sucedáneas de centeno y triticale, comparación mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

ANEXO 4: ANALISIS ESTADÍSTICO DE LAS PRUEBAS FISICO-QUÍMICAS

Tabla 13: Análisis estadístico de la prueba físico-química de Ceniza en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	0,00077143	0,00038571	1,67	0,2008
Tratamiento	20	10,11337143	0,50566857	2191,75	< 0,0001
Error	40	0,00922857	0,00023071		
Corregido Total	62	10,12337143			
Coefficiente Variabilidad	1,38 %				

Tratamiento	Valor	
11	1,72333	A
14	1,69333	AB
13	1,67000	BC
10	1,65000	BC
12	1,63667	C
9	1,54667	D
8	1,50667	D
18	1,12333	E
4	1,06333	F
7	0,98000	G
3	0,95667	GH
21	0,93333	GH
17	0,91667	H
6	0,85333	I
20	0,79333	J
5	0,77667	J
2	0,77000	JK
16	0,72333	K
19	0,65000	L
1	0,61333	L
15	0,55000	M

Tabla 14: Análisis estadístico de la prueba físico-química de Gluten Húmedo en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	9,439895	4,719948	0,72	0,4922
Tratamiento	20	1 287,969952	64,398498	9,85	< 0,0001
Error	40	261,644638	6,541116		
Corregido Total	62	1 559,054486			
Coefficiente Variabilidad	12,53121%				

Tratamiento	Valor	
1	29,327	A
2	27,937	AB
19	25,243	ABC
15	25,067	ABC
20	24,040	ABC
16	23,667	ABC
17	22,660	ABCD
3	21,463	ABCDE
12	21,317	BCDE
13	21,180	BCDEF
5	20,670	BCDEF
8	20,533	BCDEF
9	19,840	CDEF
21	19,467	CDEF
6	19,123	CDEF
14	15,657	DEF
18	15,370	DEF
7	15,040	DEF
10	14,250	EF
4	13,510	EF
11	13,240	F

Tabla 15: Análisis estadístico de la prueba físico-química de Gluten Seco en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	4,4588667	2,2294333	2,07	0,1396
Tratamiento	20	195,7227048	9,7861352	9,08	< 0,0001
Error	40	43,0994000	1,0774850		
Corregido Total	62	243,2809714			
Coefficiente Variabilidad	13,52511				

Tratamiento	Valor	
1	10,9433	A
2	10,5767	AB
19	9,6900	ABC
15	9,1200	ABCD
3	9,0933	ABCD
17	9,0367	ABCDE
20	8,6033	ABCDE
16	8,5533	ABCDEF
5	8,3733	ABCDEFG
12	8,2800	ABCDEFG
13	7,7333	ABCDEFGH
8	7,4833	BCDEFGH
9	7,2233	CDEFGH
6	7,2233	CDEFGH
21	6,9733	CDEFGH
18	5,9667	DEFGH
14	5,8300	EFGH
7	5,3367	FGH
4	5,2167	GH
10	5,1633	GH
11	4,7500	H

Tabla 16: Análisis estadístico de la prueba físico-química de Humedad en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	0,07081667	0,03540833	0,5	0,6114
Tratamiento	20	58,87963810	2,94398190	41,41	< 0,0001
Error	40	2,84386667	0,07109667		
Corregido Total	62	61,79432143			
Coefficiente Variabilidad	2,609059%				

Tratamiento Valor

6	11,3467	A
17	11,3233	A B
2	11,2633	A B C
16	11,2000	A B CD
1	11,1933	A B C D
15	11,1933	A BCD
20	10,8900	A B C DE
21	10,8200	A BCD E
18	10,5300	A BC DE
5	10,5000	BCDE
19	10,4767	CDE
3	10,4333	CDE
7	10,3800	DE
4	10,3233	E
10	9,3433	F
9	9,3100	F
8	9,2250	F
12	9,2100	F
13	8,6967	FG
11	8,6667	FG
14	8,2900	G

Tabla 17: Análisis estadístico de la prueba físico-química de Proteína en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	0,88388889	0,44194444	0,93	0,4020
Tratamiento	20	88,79803175	4,43990159	9,37	< 0,0001
Error	40	18,9573778	0,4739344		
Corregido Total	62	108,6392984			
Coefficiente Variabilidad	7,42655%				

Tratamiento Valor

8	11,7133	A
1	11,0467	AB
4	10,6467	ABC
9	10,3800	ABC
10	10,2467	ABC
11	10,0600	ABCD
3	9,9800	ABCD
2	9,8467	ABCDE
17	9,8467	ABCDE
18	9,8467	ABCDE
12	9,5800	ABCDE
16	9,0467	BCDE
15	8,5167	CDE
13	8,5167	CDE
19	7,9900	DE
20	7,9900	DE
5	7,9900	DE
21	7,9900	DE
14	7,9867	DE
6	7,7233	E
7	7,7233	E

Tabla 18: Análisis estadístico de la prueba físico-química de Falling Number en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	574,5714	287,2857	1,39	0,2613
Tratamiento	20	786 797,4286	39 339,871	190,11	< 0,0001
Error	40	8 277,4286	206,9357		
Corregido Total	62	795 649,4286			
Coefficiente Variabilidad	5,6656 %				

Tratamiento Valor

1	435,67	A
8	434,67	A
15	410,67	A
16	344,00	B
9	335,00	B
2	330,00	B
11	325,00	B
3	322,00	B
10	321,67	B
4	304,67	B
17	304,67	B
18	205,00	C
5	197,67	C
12	193,67	C
19	178,00	C
6	131,67	D
20	128,00	ED
21	116,00	ED
7	113,67	ED
13	113,67	ED
14	86,67	E

ANEXO 5: ANALISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBAS REOLÓGICAS

Tabla 19: Análisis estadístico de la prueba reológica de Tiempo de amasado en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	0,25258413	0,12629206	0,35	0,7072
Tratamiento	20	74,05243175	3,70262159	10,24	< 0,0001
Error	40	14,45721587	0,36143040		
Corregido Total	62	88,76223175			
Coefficiente Variabilidad	21,845 %				

Tratamiento Valor

6	4,9600	A
10	4,3833	AB
9	3,9600	ABC
8	3,7167	ABCD
5	3,6100	ABCD
16	3,5833	ABCD
1	3,3033	ABCDE
4	3,2667	ABCDE
12	3,1500	ABCDE
11	3,0833	BCDE
17	2,9733	BCDEF
2	2,4467	CDEFG
3	2,3667	CDEFG
14	2,2333	CDEFG
20	2,1500	CDEFG
13	2,0567	DEFG
18	1,8867	DEFG
15	1,5900	EFG
19	1,1733	FG
7	0,9833	G
21	0,9167	G

Tabla 20: Análisis estadístico de la prueba reológica de Altura en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	2,0688889	1,0344444	0,57	0,5707
Tratamiento	20	131,0707937	6,5535397	3,60	0,0003
Error	40	72,7377778	1,8184444		
Corregido Total	62	205,8774603			
Coefficiente Variabilidad	16,43236 %				

Tratamiento Valor

9	10,300	A
4	10,067	A
11	9,967	A
1	9,667	A B
10	9,367	A B
8	9,267	A B
13	9,267	A B
17	9,200	A B
12	9,133	A B
16	8,567	A B
14	8,367	A B
3	8,100	A B
5	7,967	A B
2	7,933	A B
6	7,433	A B
21	7,267	A B
15	6,700	A B
18	6,433	A B
19	6,200	A B
7	5,667	B
20	5,467	B

ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBAS FÍSICAS

Tabla 21: Análisis estadístico de la prueba física de ancho de pan en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	0,30888889	0,15444444	1,47	0,2412
Tratamiento	20	10,08412698	0,50420635	4,81	< 0,0001
Error	40	4,19111111	0,10477778		
Corregido Total	62	14,58412698			
Coefficiente Variabilidad	2,843380%				

Tratamiento Valor

10	12,0000	A
4	12,0000	A
9	11,9333	AB
7	11,8333	ABC
14	11,8333	ABC
16	11,7667	ABC
2	11,5667	ABCD
13	11,5000	ABCD
19	11,5000	ABCD
6	11,5000	ABCD
3	11,4333	ABCD
1	11,3333	ABCD
17	11,3000	ABCD
8	11,1333	ABCD
12	11,0000	ABCD
5	11,0000	ABCD
15	11,0000	ABCD
11	10,9667	BCD
18	10,9333	BCD
21	10,8667	CD
20	10,6667	D

Tabla 22: Análisis estadístico de la prueba física Altura de pan en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	0,1209524	0,0604762	0,59	0,5590
Tratamiento	20	402,8800000	20,1440000	196,57	< 0,0001
Error	40	4,0990476	0,1024762		
Corregido Total	62	407,1000000			
Coefficiente Variabilidad	3,623989 %				

Tratamiento Valor

1	12,8333	A
15	12,5000	AB
16	11,9000	ABC
2	11,7667	BC
17	11,4333	C
3	10,2667	D
8	10,0000	D
5	10,0000	D
20	9,8333	D
19	9,5000	DE
18	9,4667	DEF
21	8,6000	EFG
12	8,5000	FG
11	8,3333	GH
6	7,5000	H
13	7,5000	H
7	5,3333	I
4	5,3000	I
10	5,3000	I
14	4,8333	I
9	4,8000	I

Tabla 23: Análisis estadístico de la prueba física Volumen de pan en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	853,17	426,59	0,37	0,6937
Tratamiento	20	17 171 091,27	858 554,56	742,85	< 0,0001
Error	40	46 230,16	1 155,75		
Corregido Total	62	17 218 174,60			
Coefficiente Variabilidad	1,730026%				

Tratamiento Valor

1	2683,33	A
15	2633,33	AB
16	2558,33	BC
2	2500,00	CD
3	2433,33	ED
19	2350,00	E
5	2350,00	E
17	2341,67	E
20	2233,33	F
8	2083,33	G
12	2041,67	HG
18	1983,33	HG
21	1941,67	H
6	1808,33	I
13	1766,67	I
11	1733,33	I
4	1308,33	J
7	1258,33	J
10	1141,67	K
14	1091,67	KL
9	1025,00	L

Tabla 24: Análisis estadístico de la prueba física Peso de pan en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Repetición	2	12,209489	6,104744	2,08	0,1388
Tratamiento	20	1 019,355327	50,967766	17,33	< 0,0001
Error	40	117,631311	2,940783		
Corregido Total	62	1 149,196127			
Coefficiente Variabilidad	0,423%				

Tratamiento Valor

13	411,253	A
12	410,333	A
6	410,257	A
11	410,103	A
10	408,743	AB
8	408,637	AB
3	408,600	AB
14	408,067	AB
21	407,687	ABC
9	406,847	ABCD
5	406,337	ABCDE
20	406,240	ABCDE
18	404,253	BCDEF
15	404,200	BCDEF
19	403,413	BCEF
7	402,590	CDEF
4	401,840	DEF
16	401,167	EFG
2	401,003	EFG
1	399,537	FG
17	395,950	G

ANEXO 7: ANALISIS DE VARIANZA PRUEBAS SENSORIALES EN EL PAN

Tabla 25: Análisis de varianza de la prueba Color de Miga de pan en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	20	5 934,503	296,725154	1,02 x10 ¹⁴	< 0,0001
Error	40	0	0		
Corregido Total	62	5 934,503			
Coefficiente Variabilidad	2,3679 x10 ⁻⁶				

Tratamiento Valor

19	93,330000	A
1	91,430000	B
15	88,570000	C
5	83,330000	D
2	80,000000	E
16	80,000000	E
7	71,430000	F
21	71,430000	F
18	68,570000	G
17	68,570000	G
8	68,570000	G
10	67,500000	H
3	67,500000	H
12	66,670000	I
13	66,670000	I
20	65,710000	J
4	65,000000	K
6	63,330000	L
14	62,860000	M
9	62,500000	N
11	60,000000	O

Tabla 26: Análisis de varianza de la prueba sensorial Olor de Pan en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	20	2 454,35737	122,717869	8,43x10 ¹³	<0,0001
Error	40	0	0		
Corregido Total	62	2 454,35737			
Coefficiente Variabilidad	1,71113 X10 ⁻⁶				

Tratamiento Valor

5	83,330000	A
19	83,330000	A
20	77,140000	B
2	75,000000	C
3	75,000000	C
16	74,290000	D
21	74,290000	D
7	74,290000	D
4	72,500000	E
6	70,000000	F
10	70,000000	F
1	68,570000	G
15	68,570000	G
9	67,500000	H
18	65,710000	I
14	65,710000	I
17	65,710000	I
12	63,330000	J
13	63,330000	J
11	62,860000	K
8	60,000000	L

Tabla 27: Análisis de varianza de la prueba sensorial Sabor del pan en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	20	3 332,286286	166,614314	1,43x10 ¹³	<0,0001
Error	40	0	0		
Corregido Total	62	3 332,286286			
Coefficiente Variabilidad	4,83856x10 ⁻⁶				

Tratamiento Valor

21	80,000000	A
2	80,000000	A
19	80,000000	A
6	80,000000	A
20	77,140000	B
5	76,670000	C
10	75,000000	D
16	74,290000	E
1	74,290000	E
17	74,290000	E
15	71,430000	F
9	70,000000	G
14	68,570000	H
4	67,500000	I
3	65,000000	J
12	63,330000	K
13	63,330000	K
8	62,860000	L
18	60,000000	M
7	60,000000	M
11	57,140000	N

Tabla 28: Análisis de varianza de la prueba sensorial Textura de Pan en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	20	8 565,1166	428,255830	1,47 x10 ¹⁴	<0,0001
Error	40	0	0		
Corregido Total	62	8 565,1166			
Coefficiente Variabilidad	2,41618 x10 ⁻⁶				

Tratamiento Valor

5	86,670000	A
19	86,670000	A
15	85,710000	B
2	85,000000	C
16	82,860000	D
10	82,500000	E
20	80,000000	F
21	80,000000	F
18	71,430000	G
1	71,430000	G
6	70,000000	H
17	68,570000	I
9	67,500000	J
8	65,710000	K
12	63,330000	L
13	60,000000	M
4	57,500000	N
11	57,140000	O
3	55,000000	P
14	54,290000	Q
7	51,430000	R

Tabla 29: Análisis de varianza de la prueba sensorial Aceptabilidad en las diferentes sustituciones de harina de trigo con harina de centeno y triticale

		ANVA SS o Suma de Cuadrados	Suma de cuadrados promedio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	20	6 358,70549	317,935274	1,09 x10 ¹⁴	<0,0001
Error	40	0	0		
Corregido Total	62	6 358,70549			
Coefficiente Variabilidad	2,44564 x10 ⁻⁶				

Tratamiento Valor

19	86,670000	A
16	85,710000	B
2	82,500000	C
5	80,000000	D
20	80,000000	D
10	77,500000	E
15	77,140000	F
21	77,140000	F
1	74,290000	G
6	73,330000	H
17	68,570000	I
18	65,710000	J
7	62,860000	K
9	62,500000	L
11	60,000000	M
12	60,000000	M
3	60,000000	M
14	60,000000	M
4	60,000000	M
13	56,670000	N
8	54,290000	O

ANEXO 8: GRÁFICAS DE ALVEO-CONSISTÓGRAFO

ALVEOLINK NG		ALVEO HA	CHOPIN
GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA: 09/04/2013 HORA: 17:38		REFERENCIA MUESTRA : H. IMPORTADA NOMBRE DE FICHERO : 04090015A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 24.5 °C HIGRO.LABO.: 53.0 % HARINA : H.IMPORTADA MOLINO : HUMEDAD : 13.30 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 129 mmH2O A = 43 mm Ex = 14.5 Fb = 246 10E-4J T/A = 3.03 Iec = 61.0 % Fb(40) = 232 10E-4J HYDHA = 51.8% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

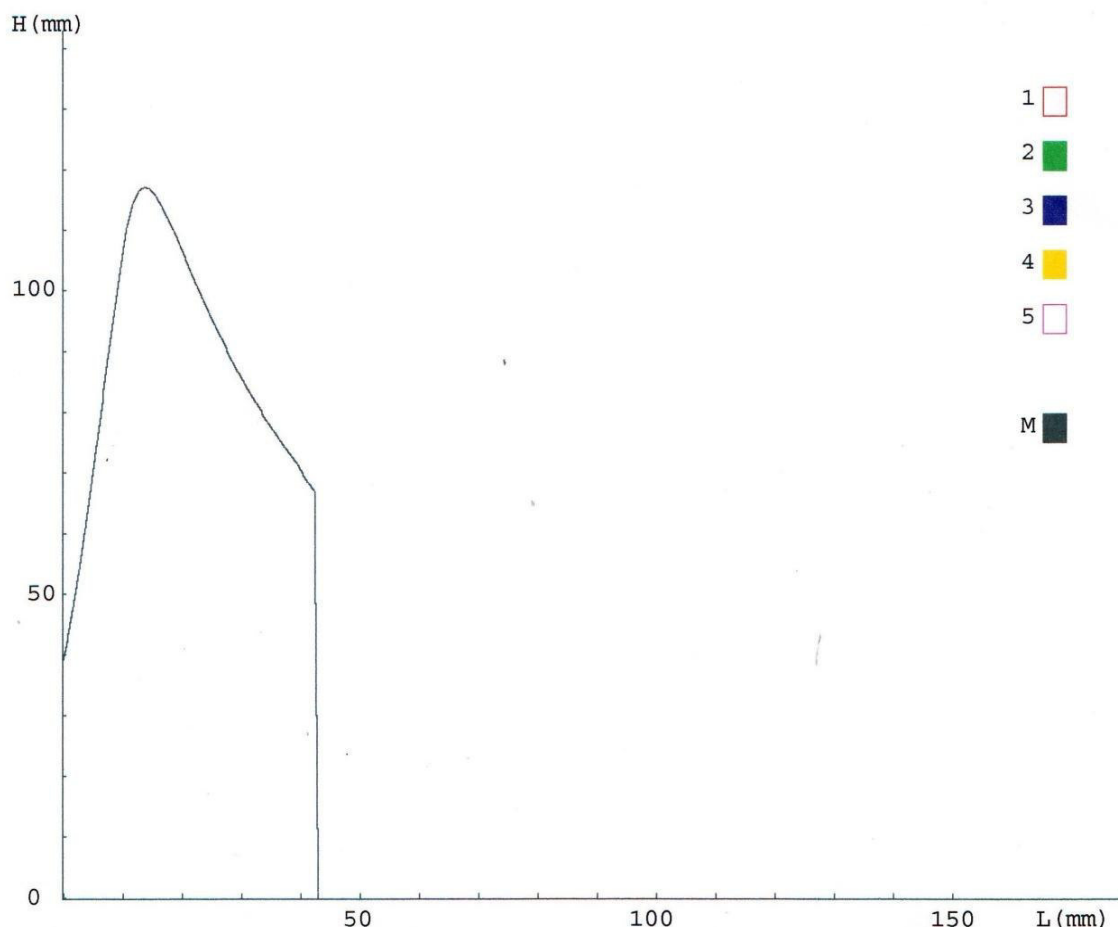


Figura 13: Alveograma de 100 % de harina flor de trigo importado.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV. LOS INGENIEROS 112 URB. SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU	UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA
FECHA: 09/04/2013 HORA: 16:51	REFERENCIA MUESTRA : 10H.I. TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04090014A313
PARAMETROS TEMP. LABO: 25.0 °C HIGRO. LABO.: 50.0 % HARINA : 90H IMPORTAD MOLINO : HUMEDAD : 12.85 % PROTEINAS: I. CAIDA : A. D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :	RESULTADOS T = 125 mmH2O A = 38 mm Ex = 13.7 Fb = 201 10E-4J T/A = 3.30 Iec = 0.0 % Fb(40) = 0 10E-4J HYDHA = 51.3% b 15
METODICA : CHOPIN	PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3

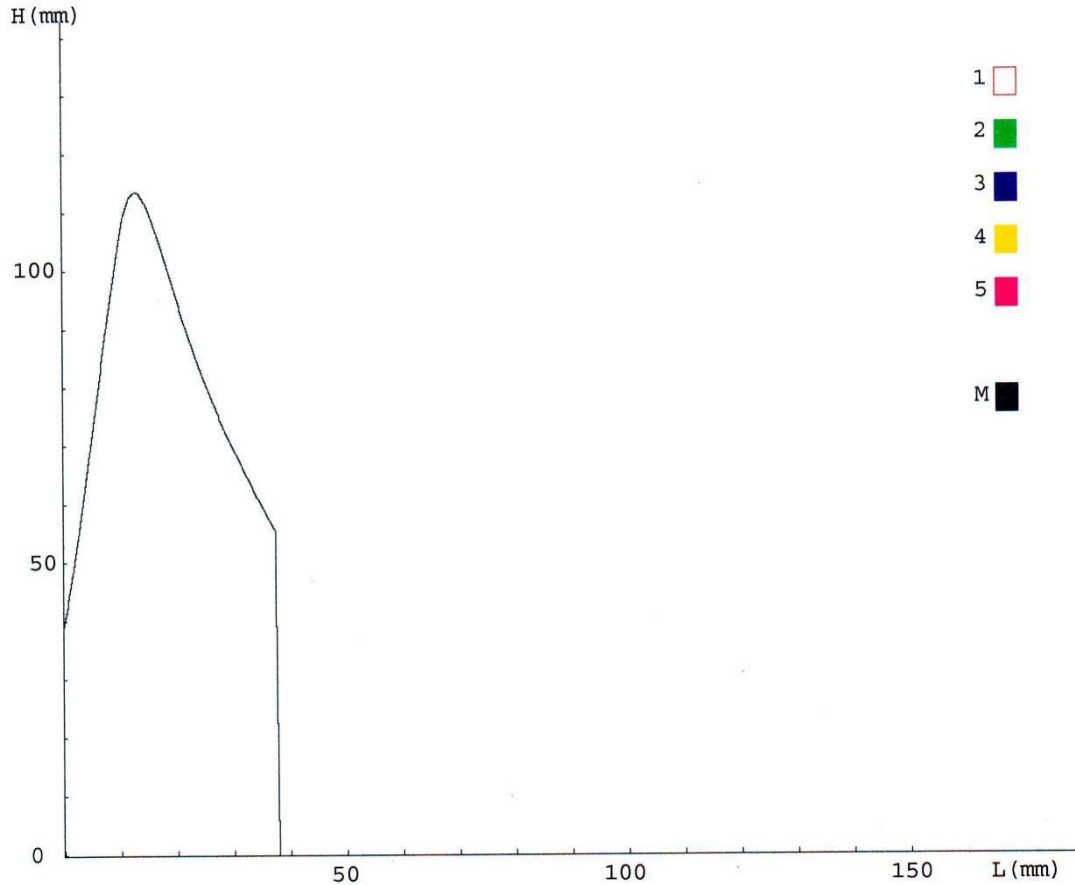


Figura 14: Alveograma de 90 % harina flor de trigo importado + 10 % harina integral nacional de triticales.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV. LOS INGENIEROS 112 URB. SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA: 16/04/2013 HORA: 09:44		REFERENCIA MUESTRA : 20H.I.TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04160000A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 24.0 °C HIGRO.LABO.: 59.0 % HARINA : 80H IMPORTAD MOLINO : HUMEDAD : 12.70 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 120 mmH2O A = 38 mm Ex = 13.7 Fb = 185 10E-4J T/A = 3.16 Iec = 0.0 % Fb(40) = 0 10E-4J HYDHA = 51.3% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3	

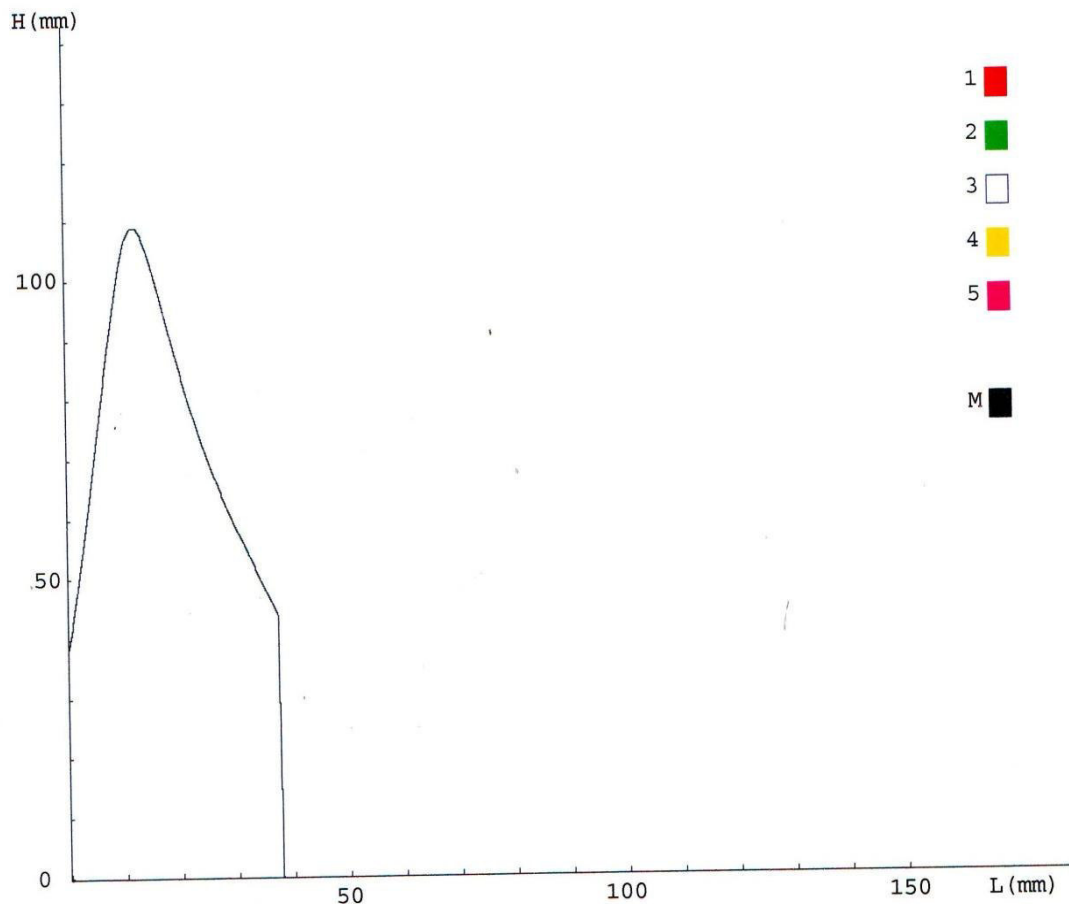


Figura 15: Alveograma de 80 % harina flor de trigo importado + 20 % harina integral nacional de Triticale.

ALVEOLINK NG ALVEO HA CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:16/04/2013 HORA: 10:11		REFERENCIA MUESTRA : 30H.I.TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04160001A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 24.5 °C HIGRO.LABO.: 56.0 % HARINA : 70H IMPORTAD MOLINO : HUMEDAD : 11.90 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 152 mmH2O A = 27 mm Ex = 11.7 Fb = 178 10E-4J T/A = 5.55 Iec = 0.0 % Fb(40)= 0 10E-4J HYDHA = 47.9% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3	

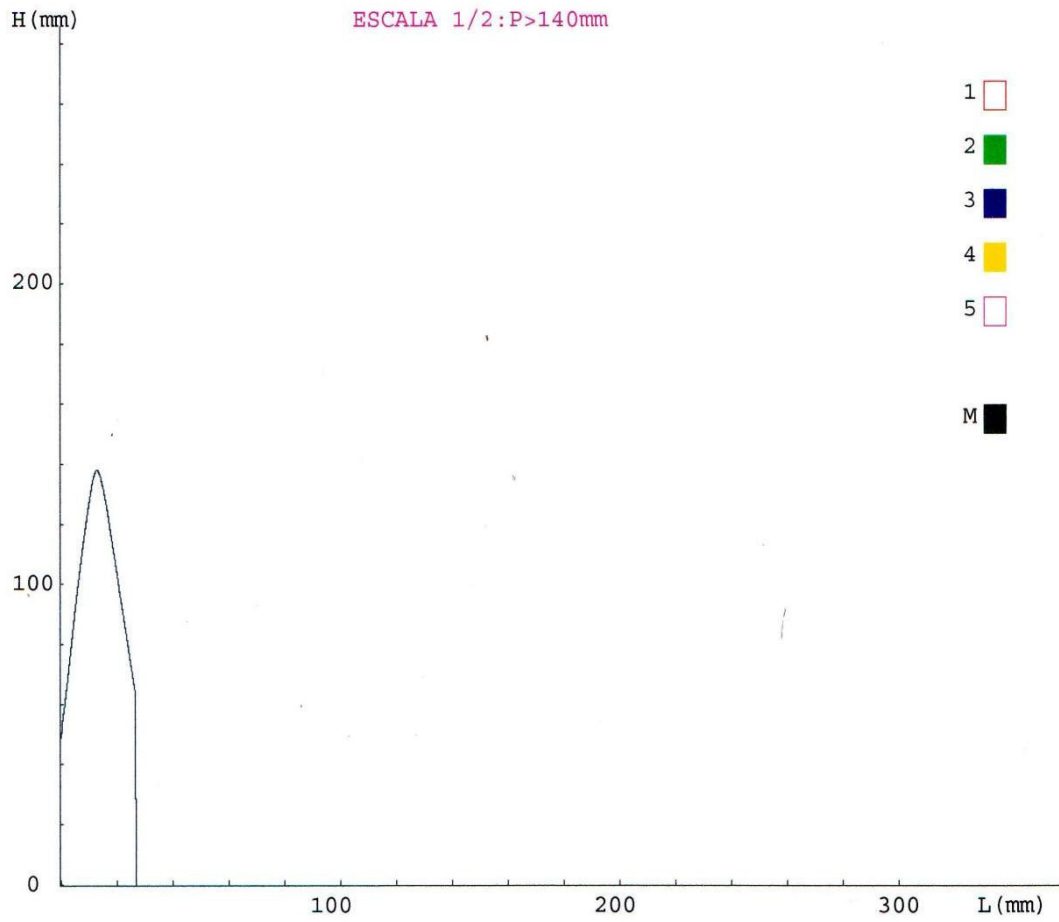


Figura 16: Alveograma de 70 % harina flor de trigo importado + 30 % harina integral nacional de triticale.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:16/04/2013 HORA: 11:27		REFERENCIA MUESTRA : 10H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 04164602A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 25.0 °C HIGRO.LABO.: 53.0 % HARINA : 90H IMPORTAD MOLINO : HUMEDAD : 12.10 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 77 mmH2O A = 74 mm Ex = 19.1 Fb = 175 10E-4J T/A = 1.04 Iec = 44.1 % Fb(40) = 123 10E-4J HYDHA = 52.5% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

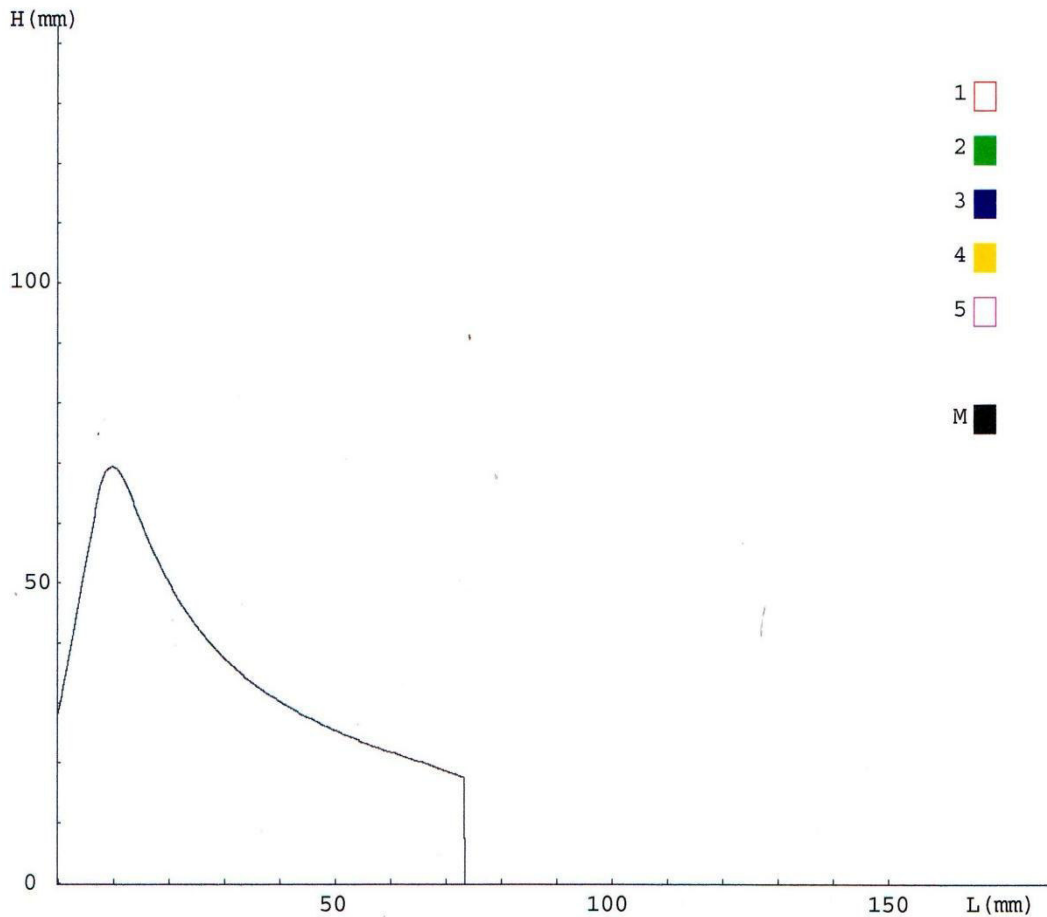


Figura 17: Alveograma de 90 % harina flor de trigo importado + 10 % harina integral nacional de centeno.

GRANOTEC PERU SA AV. LOS INGENIEROS 112 URB. SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA: 17/04/2013 HORA: 12:47		REFERENCIA MUESTRA : 20H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 04170004A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 25.0 °C HIGRO.LABO.: 50.0 % HARINA : 80H IMPORTAD MOLINO : HUMEDAD : 11.90 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 80 mmH2O A = 55 mm Ex = 16.5 Fb = 139 10E-4J T/A = 1.46 Iec = 34.1 % Fb(40) = 119 10E-4J HYDHA = 53.3% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3	

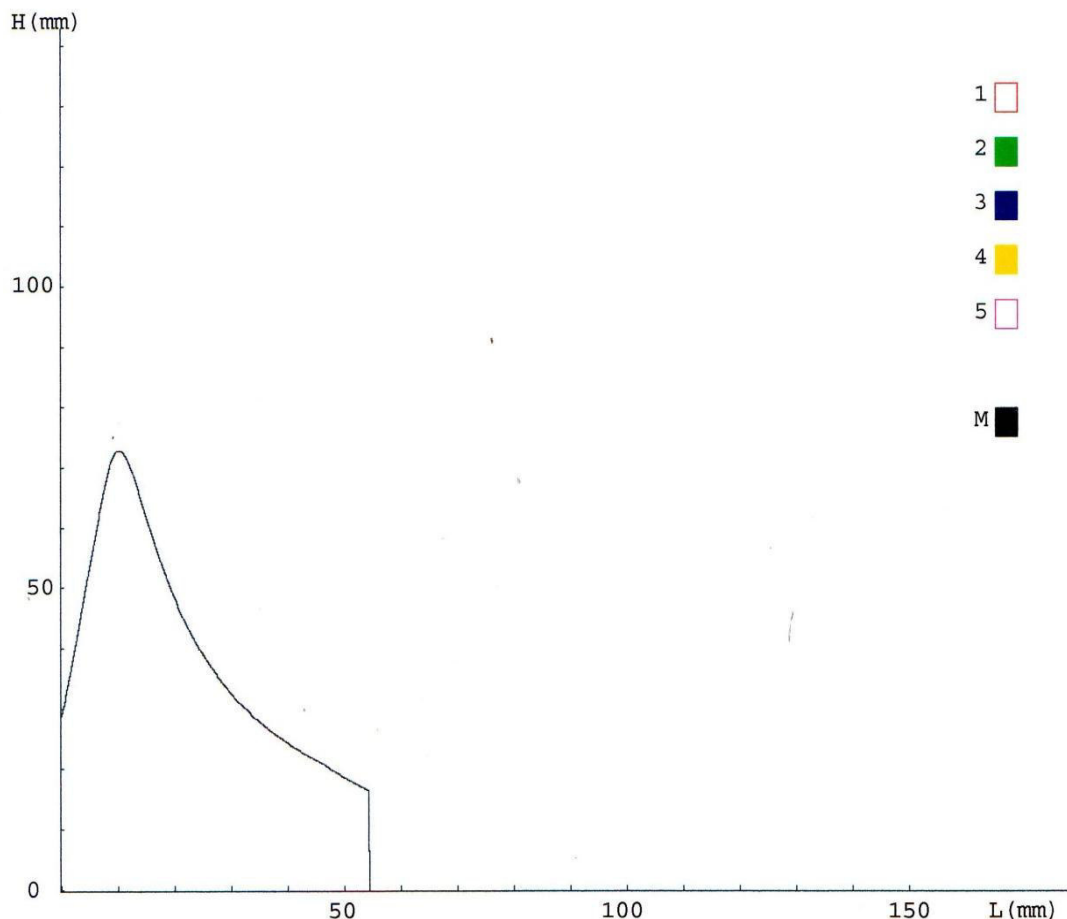


Figura 18: Alveograma de 80 % harina flor de trigo importado + 20 % harina integral nacional de centeno.

ALVEOLINK NG**ALVEO HA****CHOPIN**

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:17/04/2013 HORA: 16:47		REFERENCIA MUESTRA : 30H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 04170007A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 24.5 °C HIGRO.LABO.: 54.0 % HARINA : 70H IMPORTAD MOLINO : HUMEDAD : 11.60 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 101 mmH2O A = 38 mm Ex = 13.8 Fb = 136 10E-4J T/A = 2.65 Iec = 0.0 % Fb(40) = 0 10E-4J HYDHA = 52.6% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

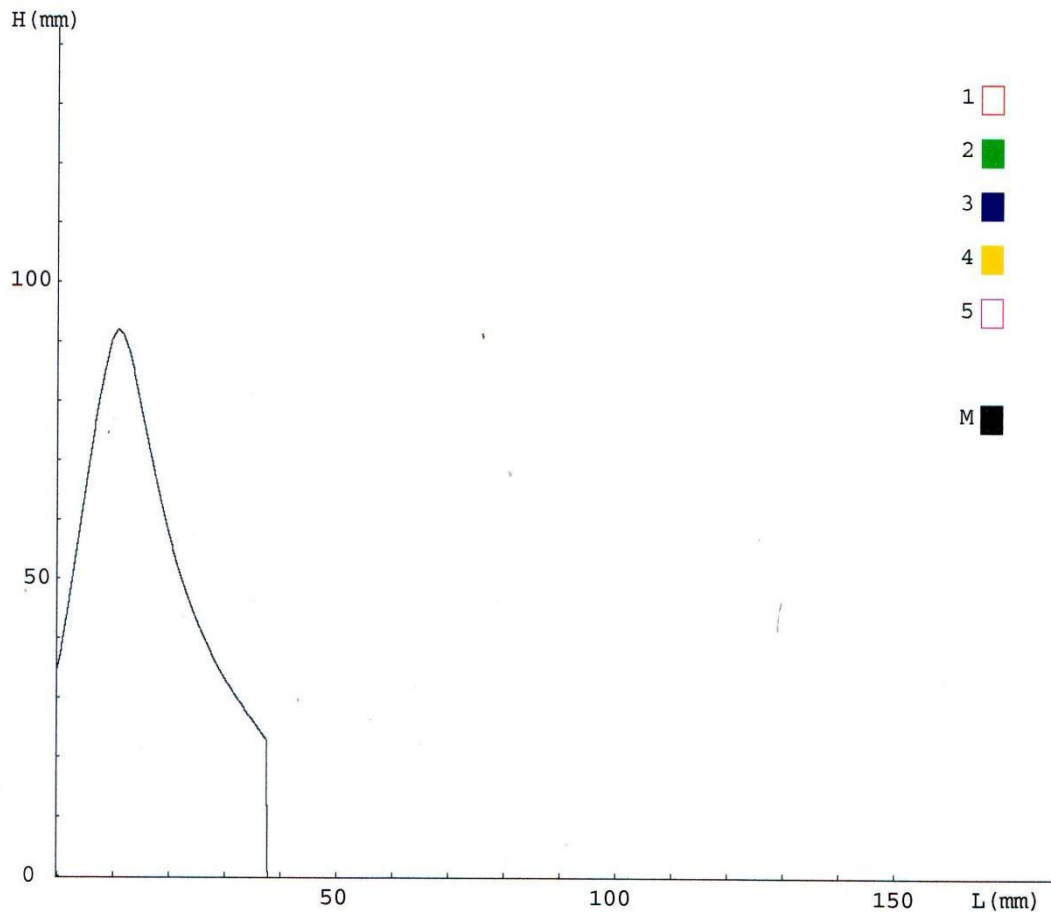


Figura 19: Alveograma de 70 % harina flor de trigo importado + 30 % harina integral nacional de centeno.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU	UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA
FECHA:18/04/2013 HORA: 14:26	REFERENCIA MUESTRA : H.I.NACIONAL NOMBRE DE FICHERO : 04180007A313
PARAMETROS TEMP.LABO: 25.0 °C HIGRO.LABO.: 53.0 % HARINA : H.I.NACIONAL MOLINO : HUMEDAD : 10.50 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :	RESULTADOS T = 170 mmH2O A = 24 mm Ex = 10.9 Fb = 184 10E-4J T/A = 7.08 Iec = 0.0 % Fb(40)= 0 10E-4J HYDHA = 54.0% b 15
METODICA : CHOPIN	PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3

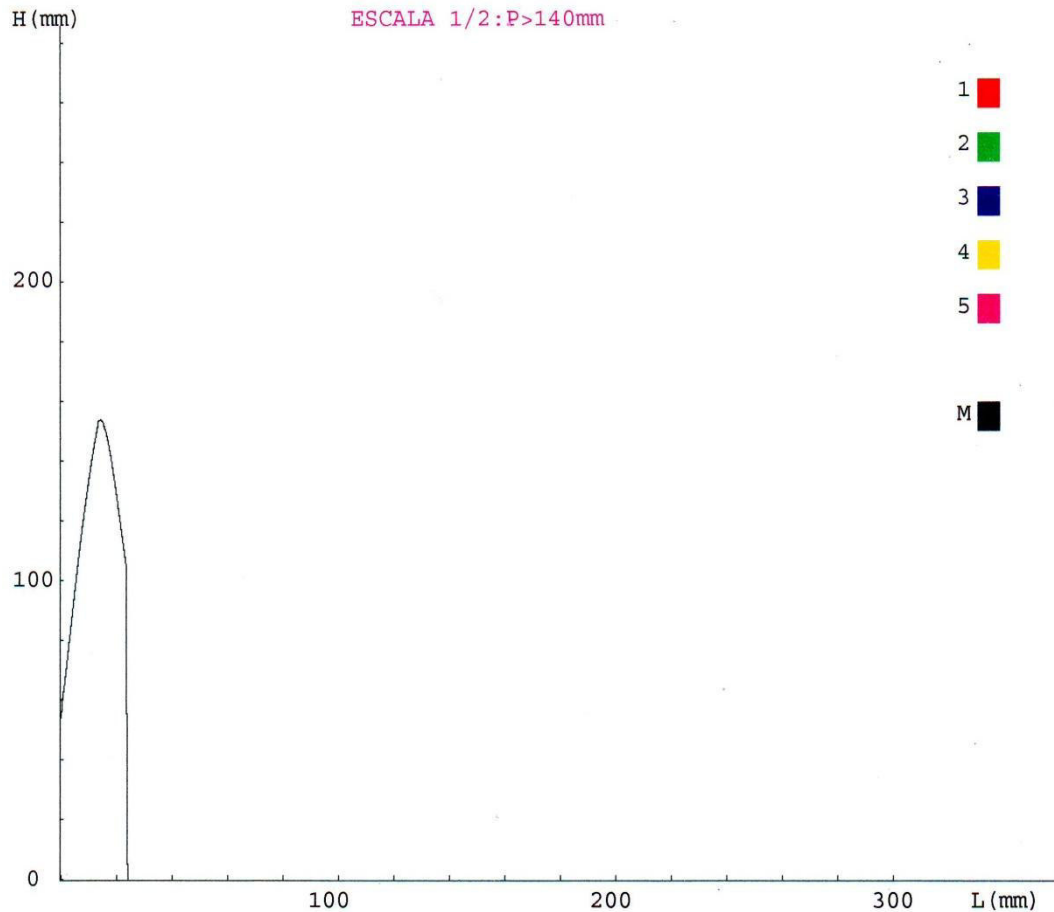


Figura 20: Alveograma de 100 % harina integral de trigo nacional.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:18/04/2013 HORA: 15:40		REFERENCIA MUESTRA : 10H.I.TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04180008A313	
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO: 25.0 °C	HIGRO.LABO.: 51.0 %	T = 202	mmH2O
HARINA : 90H.I.NAC.	MOLINO :	A = 23	mm
HUMEDAD : 10.45 %		Ex = 10.7	
PROTEINAS:	I.CAIDA :	Fb = 208	10E-4J
A.D. :		T/A = 8.75	
ZELNY :		Iec = 0.0 %	
CENIZAS :	EXTRAC. :	Fb(40) = 0	10E-4J
GLUTEN :		HYDHA = 51.4%	b 15
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

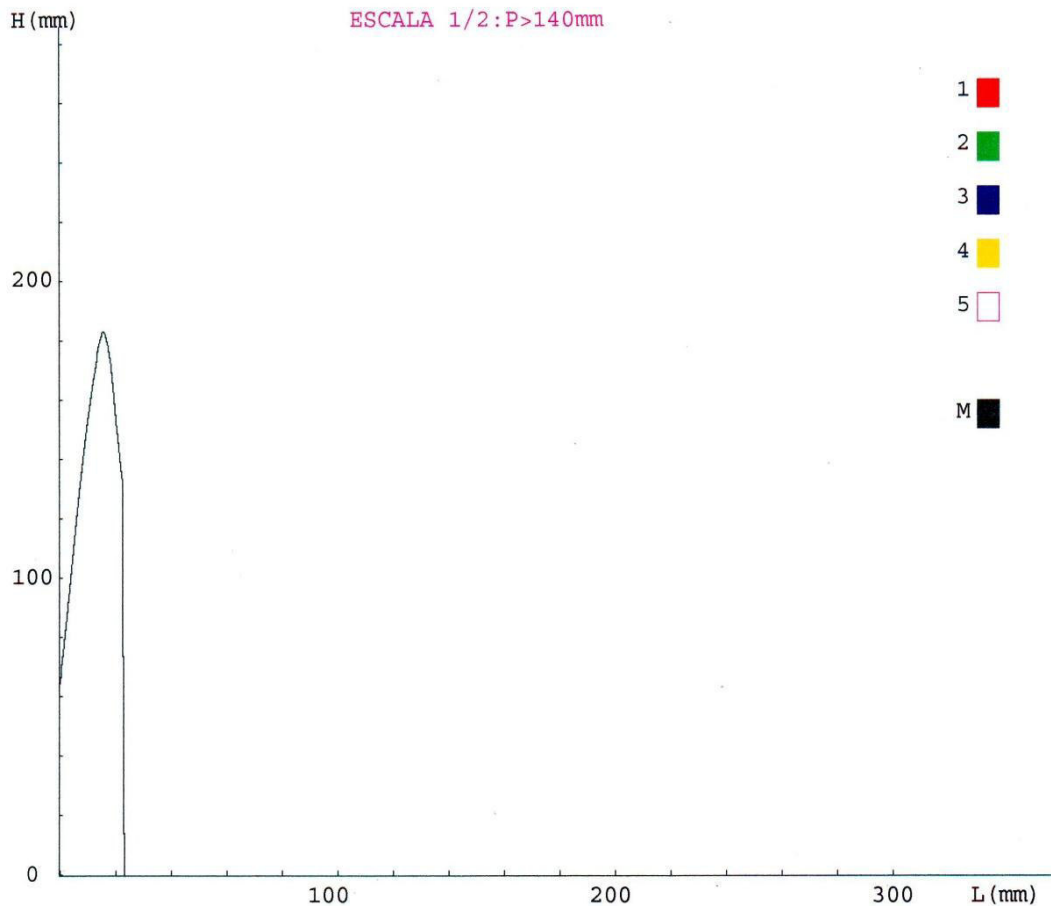


Figura 21: Alveograma de 90 % harina integral de trigo nacional + 10 % harina integral nacional de triticale.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:22/04/2013 HORA: 17:00		REFERENCIA MUESTRA : 20H.I.TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04220015A313	
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO: 24.0 °C	HIGRO.LABO.: 54.0 %	T = 135 mmH2O	
HARINA : 80H.I.NAC.	MOLINO :	A = 11 mm	
HUMEDAD : 9.95 %		Ex = 7.3	
PROTEINAS:	I.CAIDA :	Fb = 81 10E-4J	
A.D. :		T/A = 12.37	
ZELNY :		Iec = 0.0 %	
CENIZAS :	EXTRAC. :	Fb(40) = 0 10E-4J	
GLUTEN :		HYDHA = 44.4% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

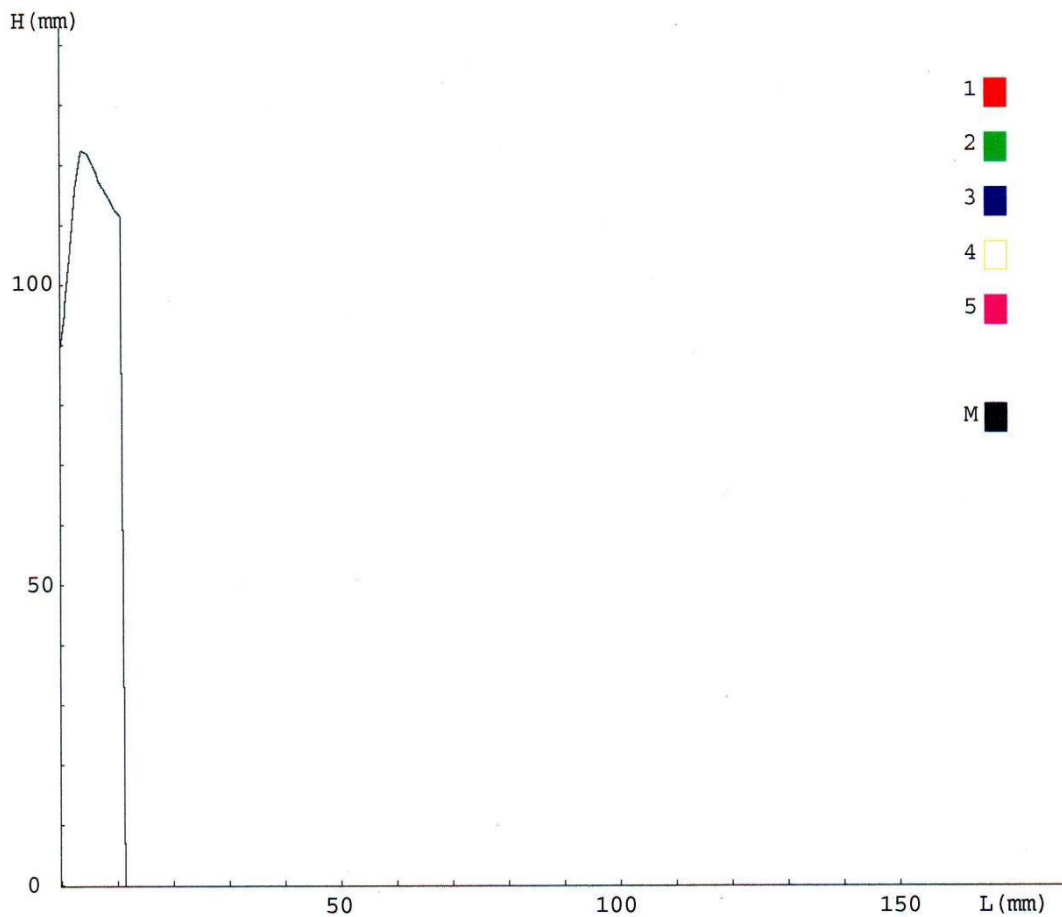


Figura 22: Alveograma de 80 % harina integral de trigo nacional + 10 % harina integral nacional de triticale.

ALVEOLINK NG ALVEO HA CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA: 23/04/2013 HORA: 09:26		REFERENCIA MUESTRA : 30H.I.TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04230000A313	
<p style="text-align: center;">PARAMETROS</p> TEMP.LABO: 24.0 °C HIGRO.LABO.: 63.0 % HARINA : 70H.I.NAC. MOLINO : HUMEDAD : 10.05 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		<p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> T = 134 mmH2O A = 13 mm Ex = 7.9 Fb = 86 10E-4J T/A = 10.62 Iec = 0.0 % Fb(40) = 0 10E-4J HYDHA = 43.3% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

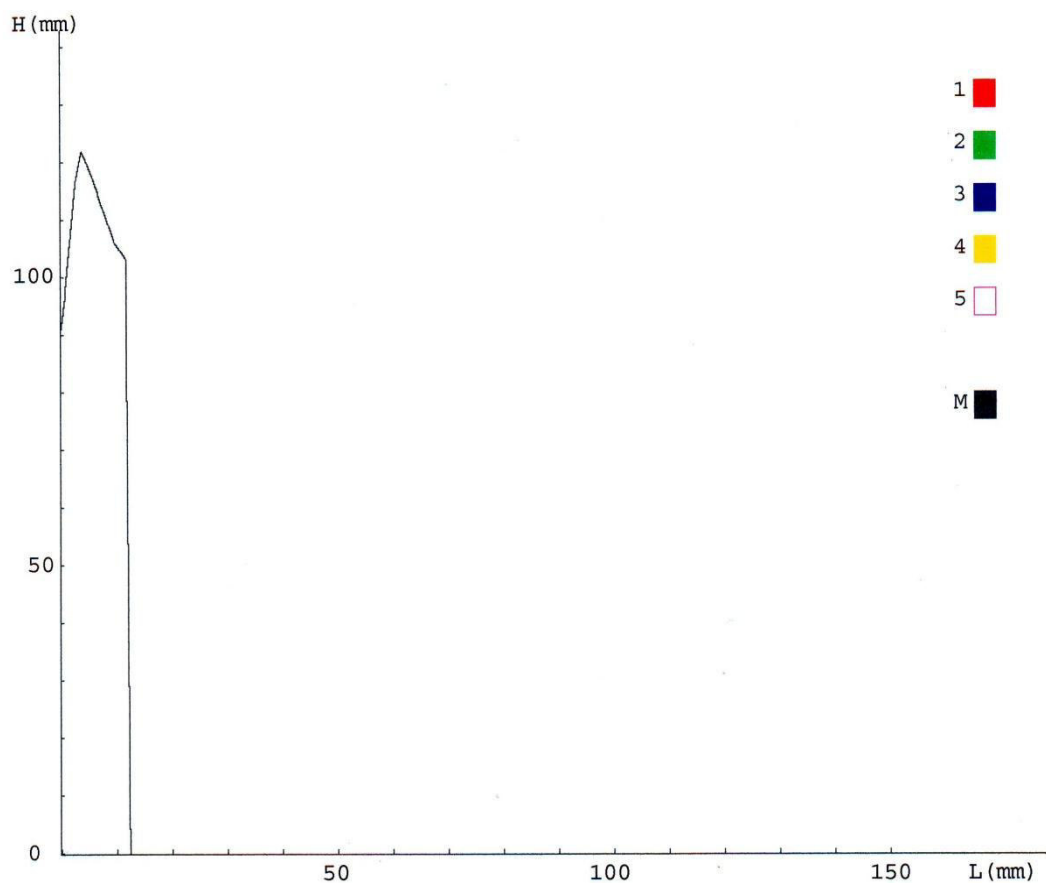


Figura 23: Alveograma de 70 % harina integral de trigo nacional + 30 % harina integral de triticale.

ALVEOLINK NG ALVEO HA CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV. LOS INGENIEROS 112 URB. SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA: 30/04/2013 HORA: 17:09		REFERENCIA MUESTRA : 10H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 04300010A313	
<p style="text-align: center;">PARAMETROS</p> TEMP.LABO: 24.5 °C HIGRO.LABO.: 59.0 % HARINA : 90HICENTENAR MOLINO : HUMEDAD : 10.45 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		<p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> T = 181 mmH2O A = 23 mm Ex = 10.7 Fb = 187 10E-4J T/A = 7.77 Iec = 0.0 % Fb(40) = 0 10E-4J HYDHA = 50.9% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

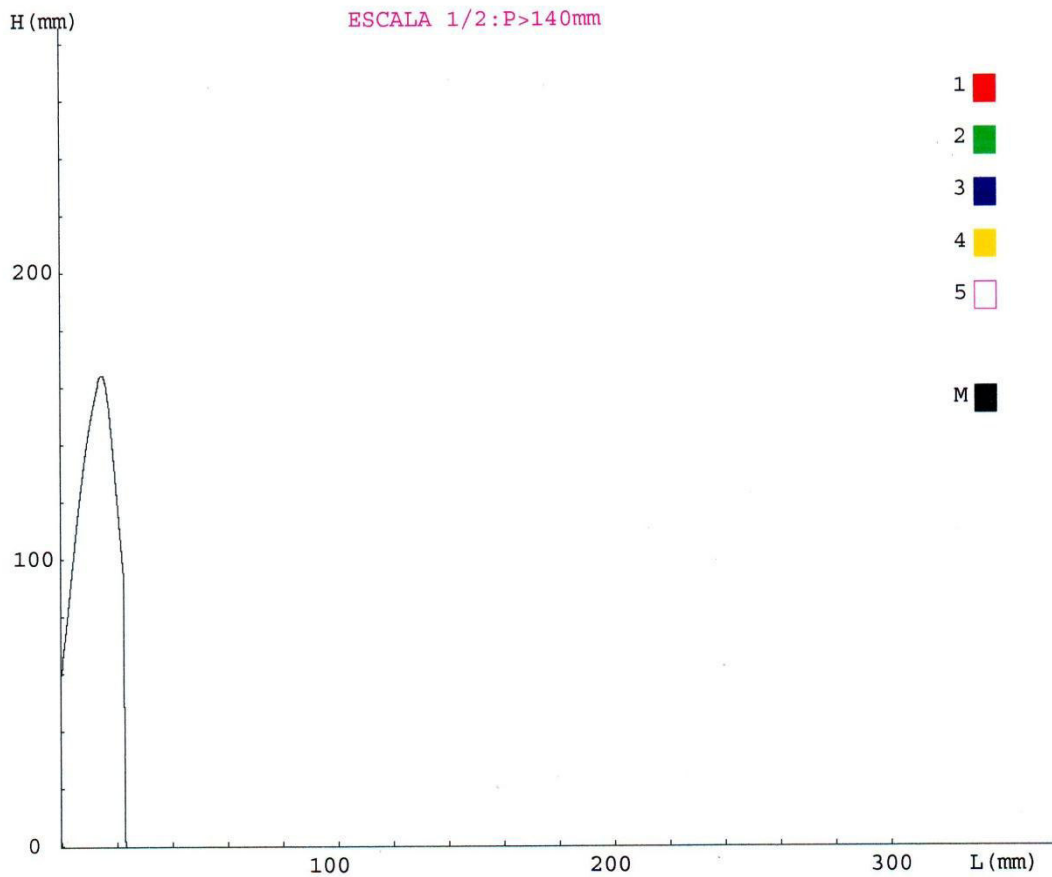


Figura 24: Alveograma de 90 % harina integral de trigo nacional + 10 % harina integral de centeno.

ALVEOLINK NG ALVEO HA CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV. LOS INGENIEROS 112 URB. SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA: 02/05/2013 HORA: 09:48		REFERENCIA MUESTRA : 20H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 05020000A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 24.0 °C HIGRO.LABO.: 64.0 % HARINA : 80HICENTENAR MOLINO : HUMEDAD : 10.55 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 192 mmH2O A = 18 mm Ex = 9.5 Fb = 163 10E-4J T/A = 10.60 Iec = 0.0 % Fb(40) = 0 10E-4J HYDHA = 49.4% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3	

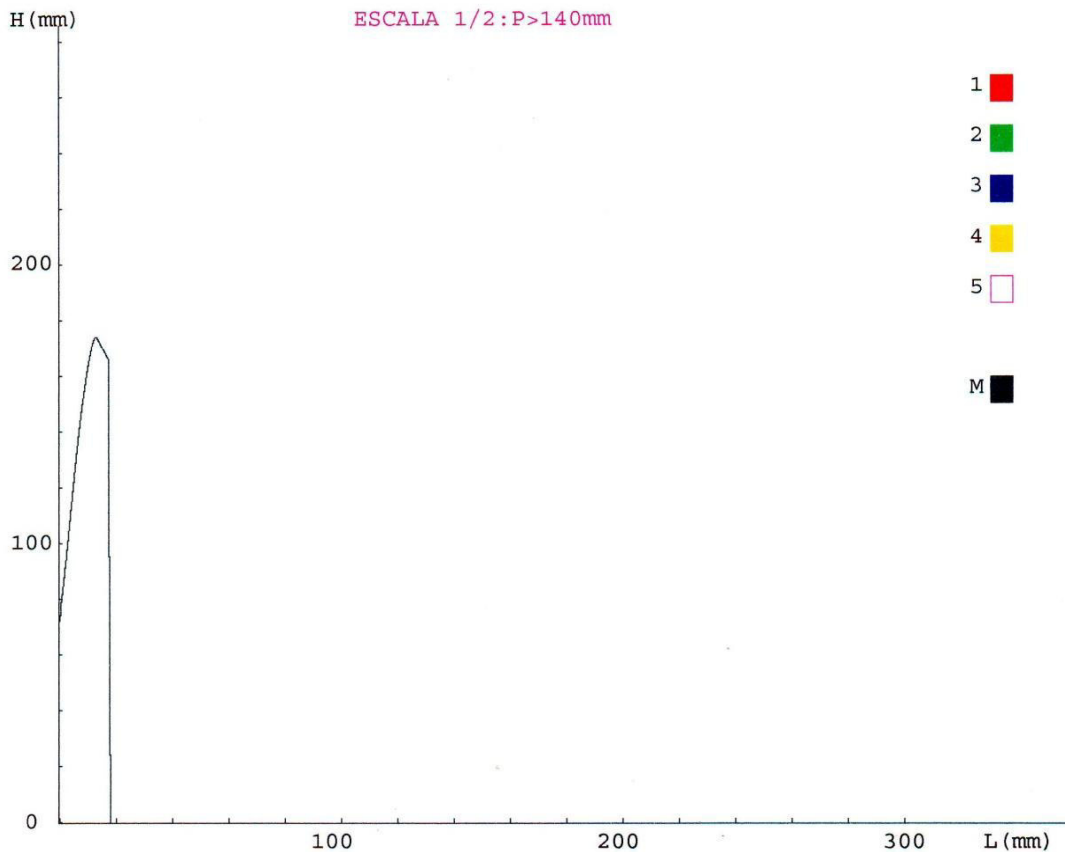


Figura 25: Alveograma de 80 % harina integral de trigo nacional + 20 % harina integral nacional de centeno.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU	UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA
FECHA:30/04/2013 HORA: 16:12	REFERENCIA MUESTRA : 30H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 04300009A313
PARAMETROS TEMP.LABO: 24.5 °C HIGRO.LABO.: 56.0 % HARINA : 70CENTENARIO MOLINO : HUMEDAD : 11.90 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :	RESULTADOS T = 173 mmH2O A = 23 mm Ex = 10.7 Fb = 182 10E-4J T/A = 7.52 Iec = 0.0 % Fb(40)= 0 10E-4J HYDHA = 51.4% b 15
METODICA : CHOPIN	PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3

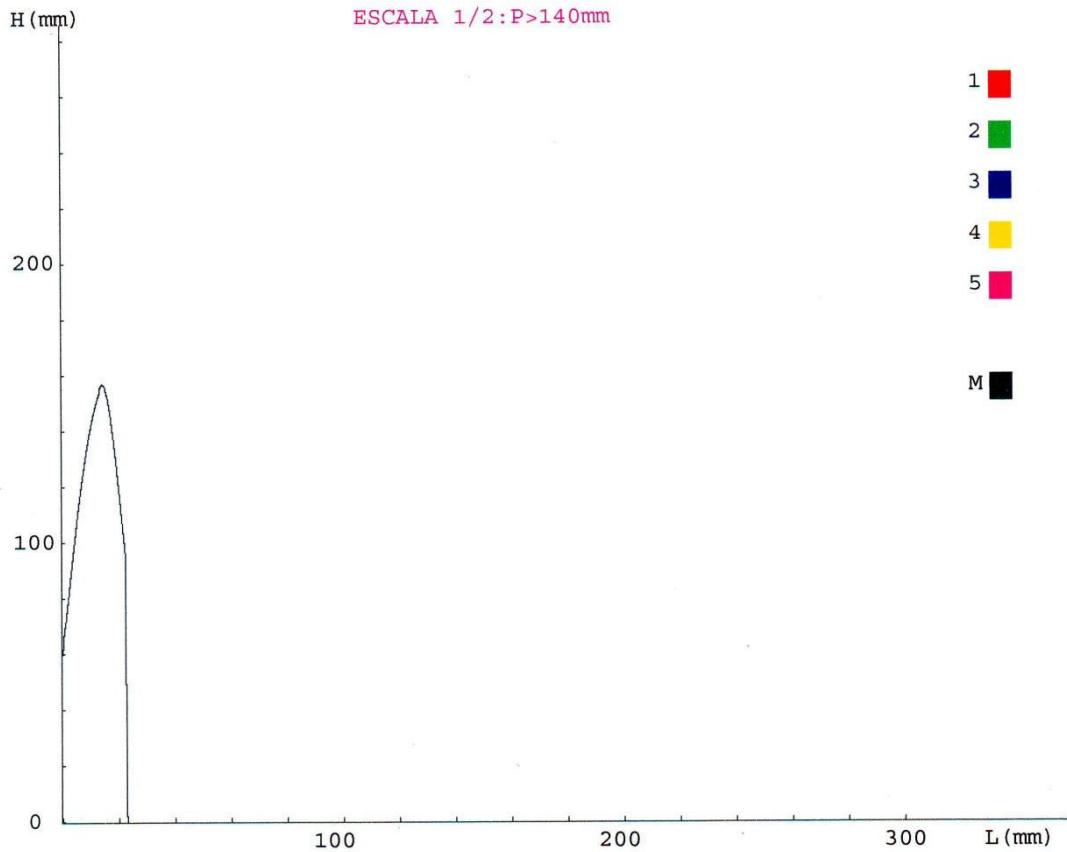


Figura 26: Alveograma de 70 % harina integral de trigo nacional + 30 % harina integral nacional de centeno.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:23/04/2013 HORA: 10:22		REFERENCIA MUESTRA : H.NACIONAL NOMBRE DE FICHERO : 04230001A313	
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO: 24.5 °C	HIGRO.LABO.: 61.0 %	T = 121 mmH2O	
HARINA : H.NACIONAL	MOLINO :	A = 71 mm	
HUMEDAD : 12.75 %		Ex = 18.7	
PROTEINAS:	I.CAIDA :	Fb = 365 10E-4J	
A.D. :		T/A = 1.72	
ZELNY :		Iec = 70.1 %	
CENIZAS :	EXTRAC. :	Fb(40) = 227 10E-4J	
GLUTEN :		HYDHA = 53.1% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

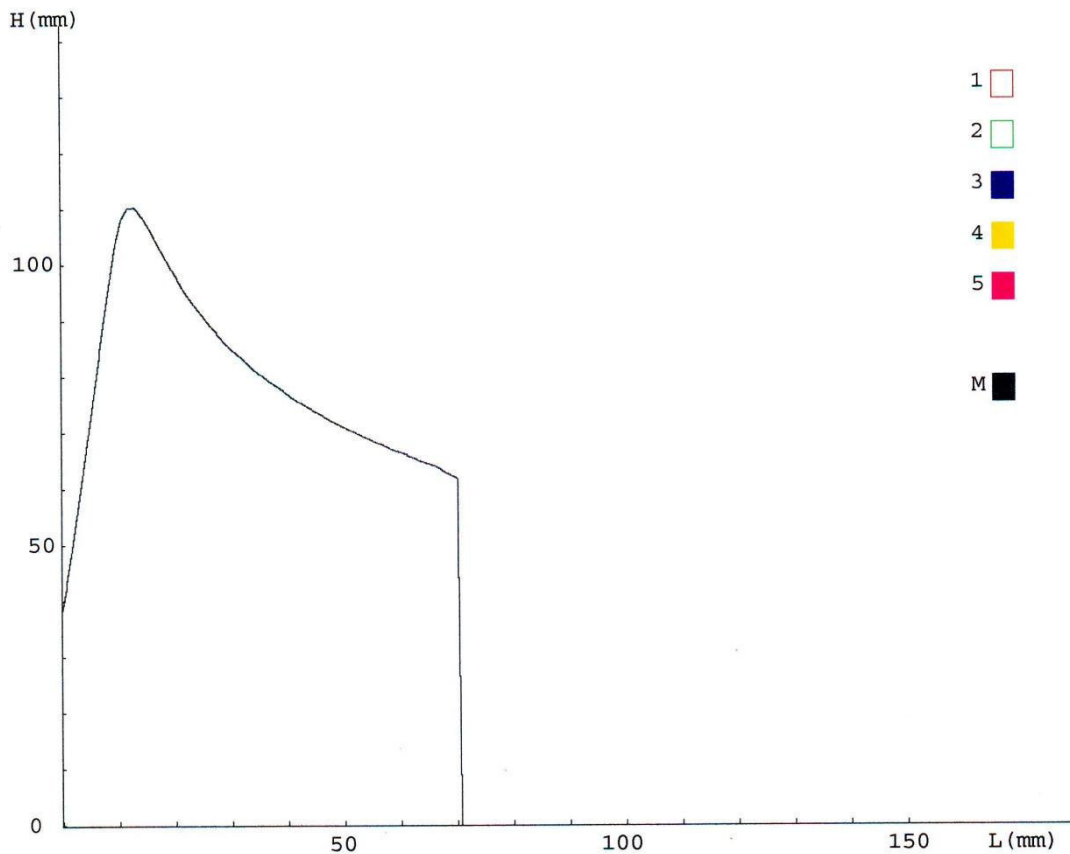


Figura 27: Alveograma de 100 % de harina flor de trigo nacional.

ALVEOLINK NG ALVEO HA CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV. LOS INGENIEROS 112 URB. SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA: 23/04/2013 HORA: 10:47		REFERENCIA MUESTRA : 10H.I. TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04230002A313	
<p style="text-align: center;">PARAMETROS</p> TEMP. LABO: 24.5 °C HIGRO. LABO.: 60.0 % HARINA : 90H NACIONAL MOLINO : HUMEDAD : 12.60 % PROTEINAS: I. CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		<p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> T = 99 mmH2O A = 70 mm Ex = 18.6 Fb = 258 10E-4J T/A = 1.42 Iec = 57.5 % Fb(40) = 173 10E-4J HYDHA = 52.6% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

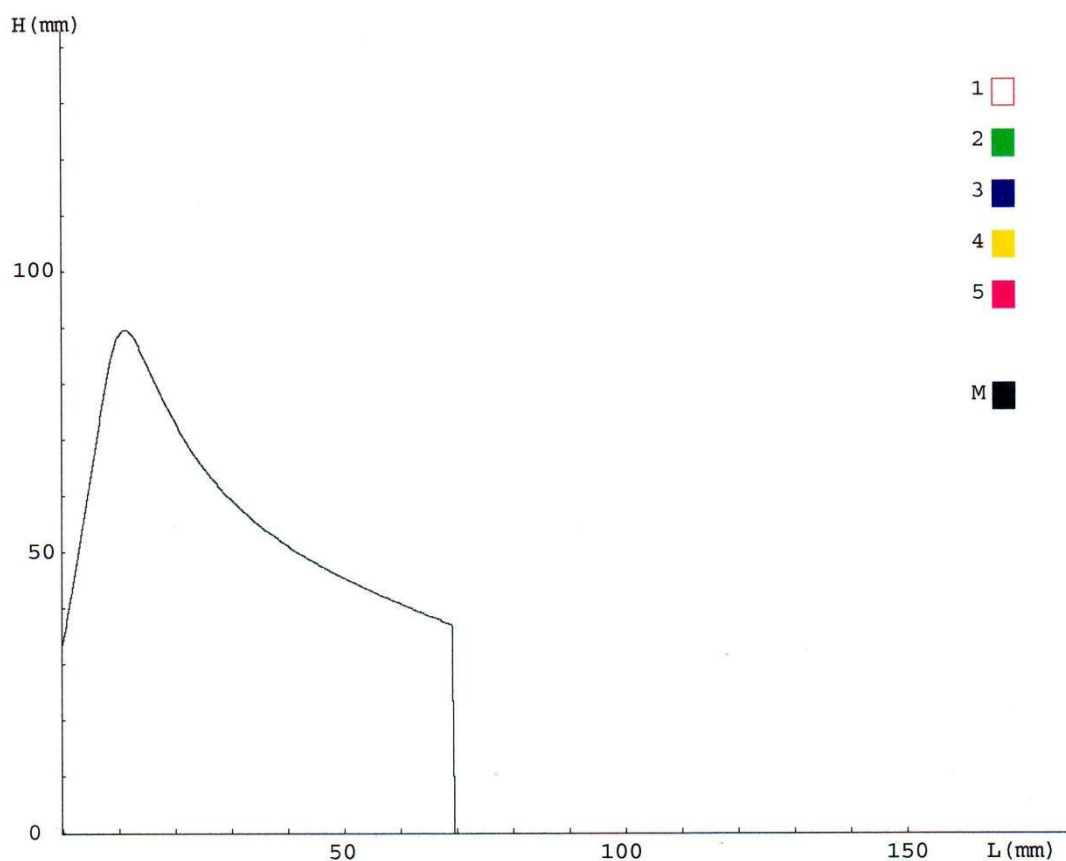


Figura 28: Alveograma de 90 % harina flor de trigo nacional + 10 % harina integral nacional de triticale.

ALVEOLINK NG ALVEO HA CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:25/04/2013 HORA: 11:55		REFERENCIA MUESTRA : 20H.I.TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04250003A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 25.0 °C HIGRO.LABO.: 52.0 % HARINA : 80H NACIONAL MOLINO : HUMEDAD : 12.65 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 112 mmH2O A = 42 mm Ex = 14.4 Fb = 185 10E-4J T/A = 2.67 Iec = 42.9 % Fb(40) = 180 10E-4J HYDHA = 51.9% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3	

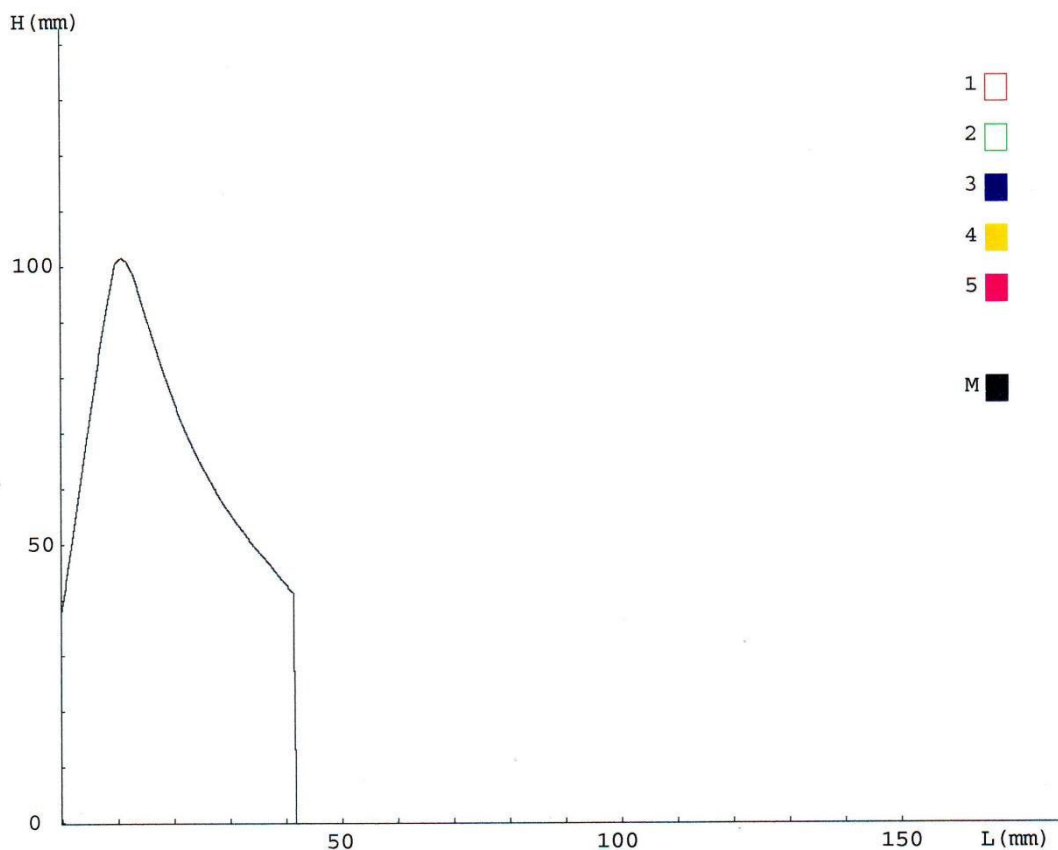


Figura 29: Alveograma de 80 % harina flor de trigo nacional + 20 % harina integral nacional de triticales.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:25/04/2013 HORA: 12:44		REFERENCIA MUESTRA : 30H.I.TRIT. NOMBRE DE FICHERO : 04254604A313	
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO: 25.0 °C HIGRO.LABO.: 51.0 % HARINA : 70H NACIONAL MOLINO : HUMEDAD : 12.55 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		T = 129 mmH2O A = 27 mm Ex = 11.6 Fb = 153 10E-4J T/A = 4.76 Iec = 0.0 % Fb(40)= 0 10E-4J HYDHA = 50.9% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

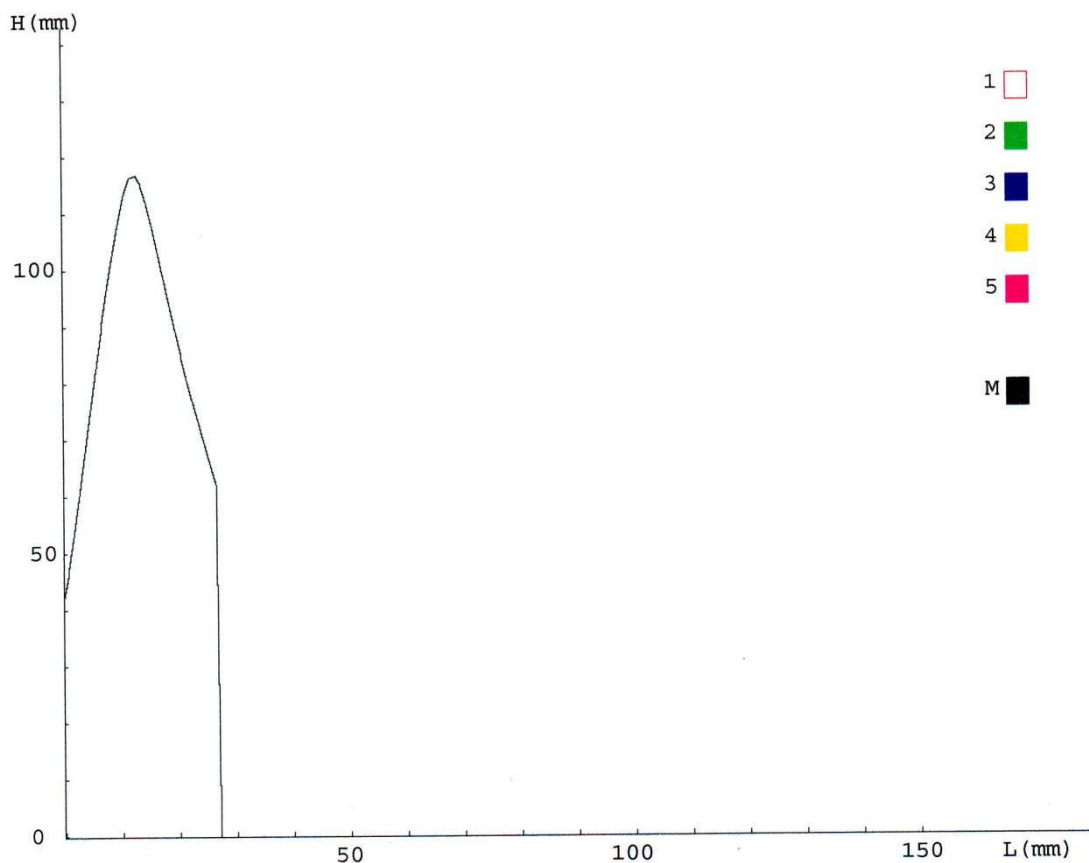


Figura 30: Alveograma de 70 % harina flor de trigo nacional + 30 % harina integral nacional de triticale.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU	UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA
FECHA:30/04/2013 HORA: 08:53	REFERENCIA MUESTRA : 10H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 04300000A313
PARAMETROS TEMP.LABO: 24.0 °C HIGRO.LABO.: 63.0 % HARINA : 90CENTENARIO MOLINO : HUMEDAD : 12.95 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :	RESULTADOS T = 118 mmH2O A = 54 mm Ex = 16.3 Fb = 229 10E-4J T/A = 2.19 Iec = 44.9 % Fb(40)= 190 10E-4J HYDHA = 54.0% b 15
METODICA : CHOPIN	PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3

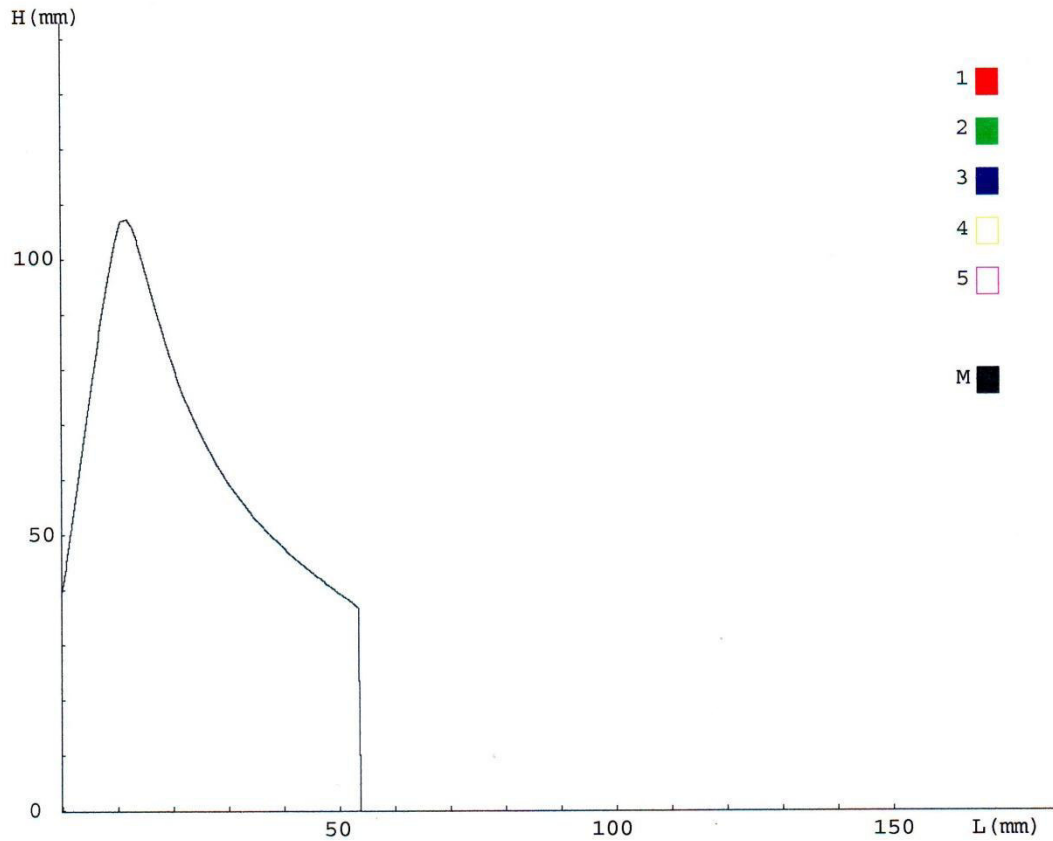


Figura 31: Alveograma de 90 % Harina flor de trigo nacional + 10 % harina integral nacional de centeno.

ALVEOLINK NG ALVEO HA CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV.LOS INGENIEROS 112 URB.SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA:14/05/2013 HORA: 14:34		REFERENCIA MUESTRA : 20H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 05144601A313	
<p style="text-align: center;">PARAMETROS</p> TEMP.LABO: 25.0 °C HIGRO.LABO.: 53.0 % HARINA : 80CENTENARIO MOLINO : HUMEDAD : 12.65 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		<p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> T = 146 mmH2O A = 30 mm Ex = 12.2 Fb = 184 10E-4J T/A = 4.86 Iec = 0.0 % Fb(40)= 0 10E-4J HYDHA = 53.0% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200	
V:d1.13C+5.3			

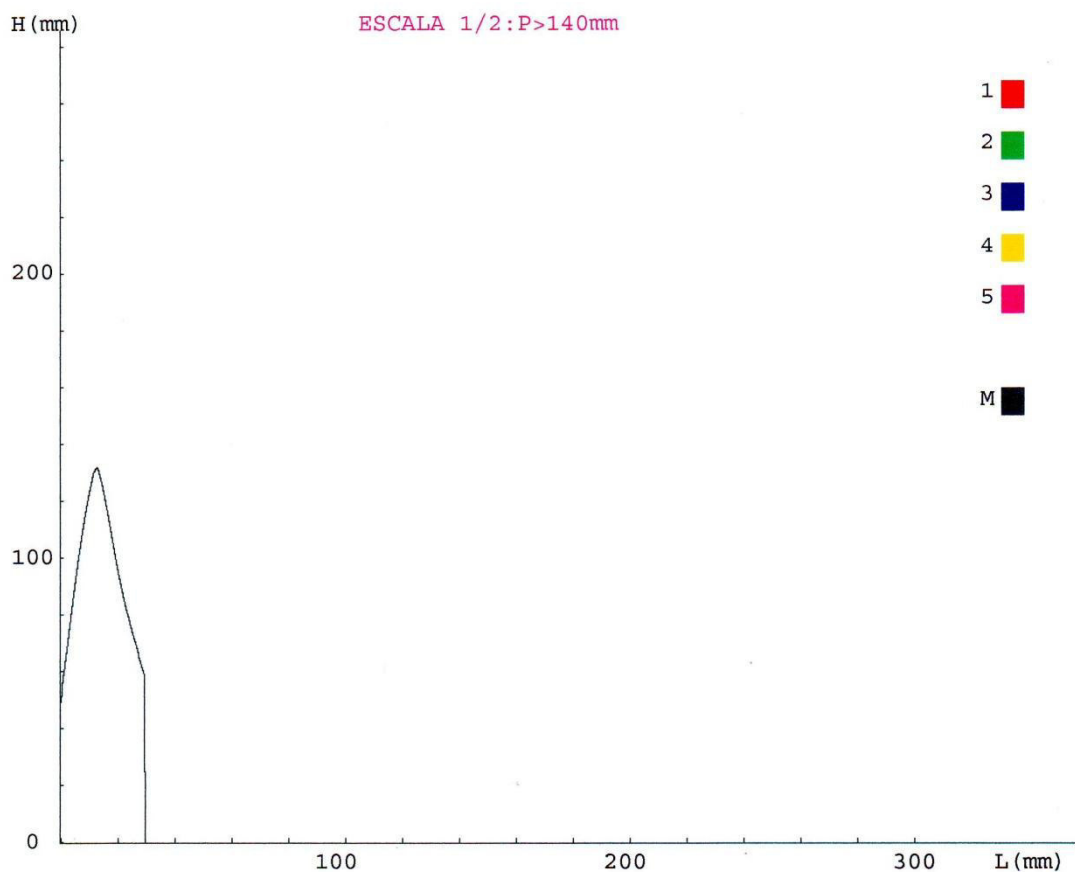


Figura 32: Alveograma de 80 % harina flor de trigo nacional + 20 % harina integral nacional de centeno.

ALVEOLINK NG

ALVEO HA

CHOPIN

GRANOTEC PERU SA AV. LOS INGENIEROS 112 URB. SANTA RAQUEL ATE LIMA 03 PERU		UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA IA	
FECHA: 14/05/2013 HORA: 12:42		REFERENCIA MUESTRA : 30H.I.CENTEN NOMBRE DE FICHERO : 05140000A313	
PARAMETROS TEMP.LABO: 24.5 °C HIGRO.LABO.: 56.0 % HARINA : 70HICENTENAR MOLINO : HUMEDAD : 9.90 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS T = 182 mmH2O A = 20 mm Ex = 9.8 Fb = 167 10E-4J T/A = 9.32 Iec = 0.0 % Fb(40) = 0 10E-4J HYDHA = 48.0% b 15	
METODICA : CHOPIN		PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200 V:d1.13C+5.3	

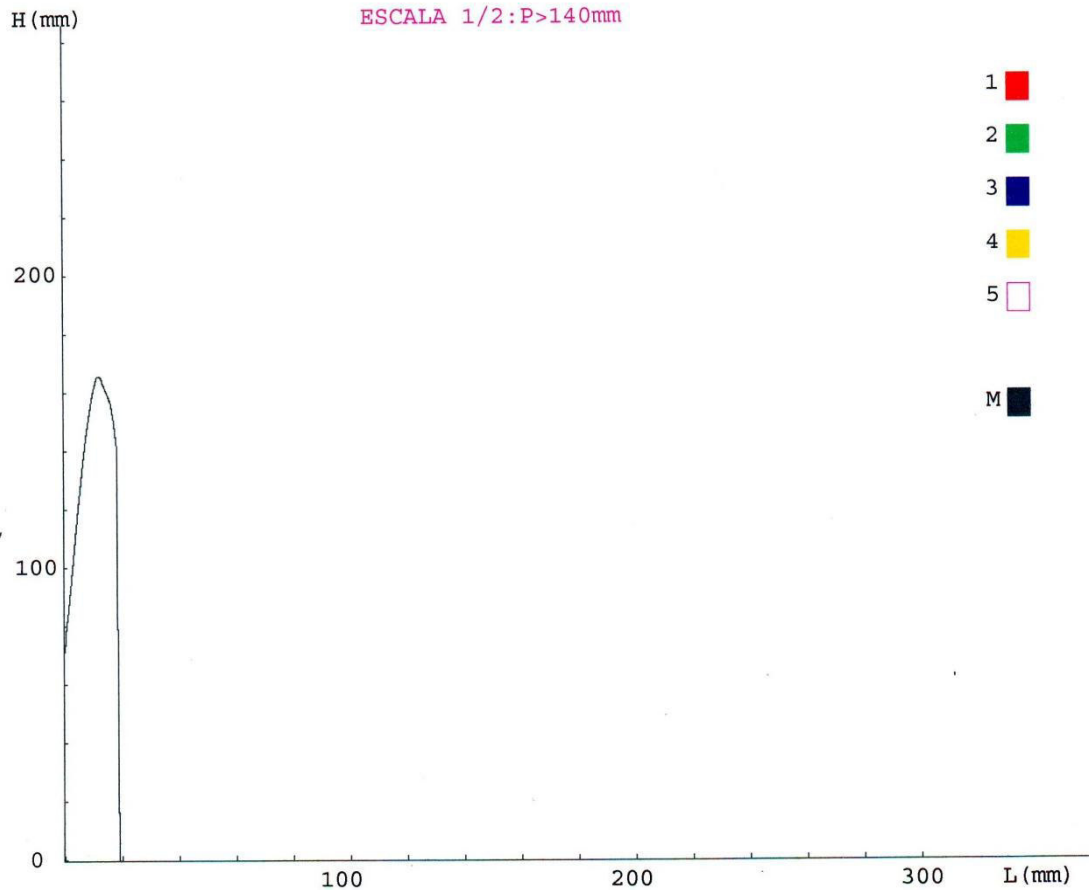


Figura 33: Alveograma de 70 % harina flor de trigo nacional + 30 % harina integral nacional de centeno.

ANEXO 9: GRÁFICAS DE MIXÓGRAFO

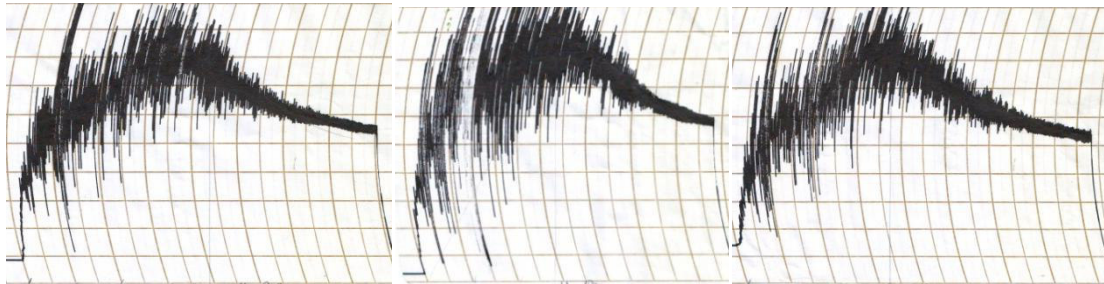


Figura 34: Mixograma de 100 % harina flor de trigo importado.

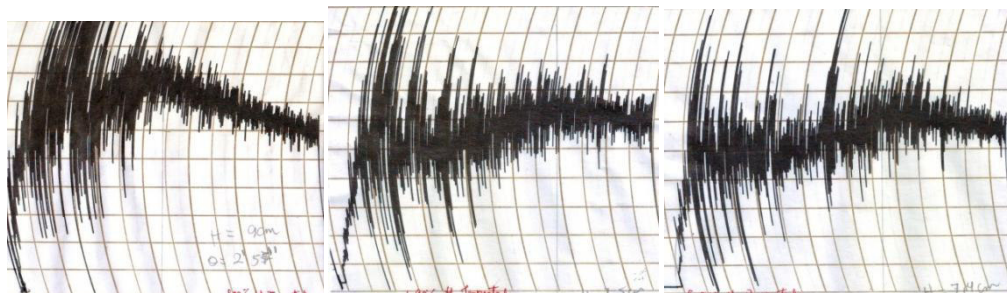


Figura 35: Mixograma de 90 % harina flor de trigo importado + 10 % harina integral de triticale.

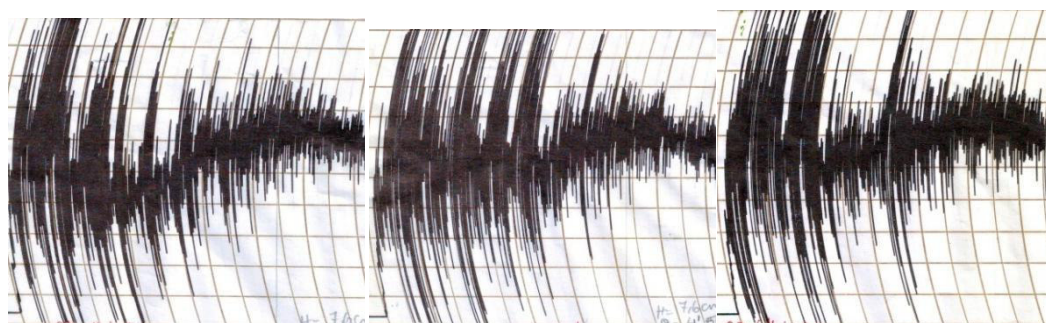


Figura 36: Mixograma de 80 % harina flor de trigo importado + 20 % harina integral de triticale.

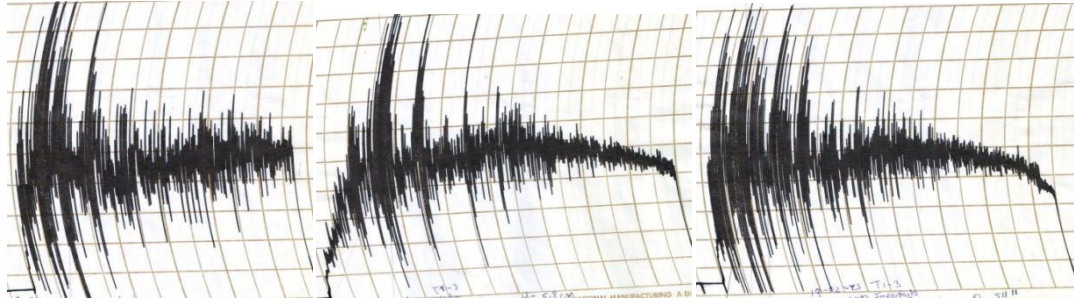


Figura 37: Mixograma de 70 % harina flor de trigo importado + 30 % harina integral de triticale.

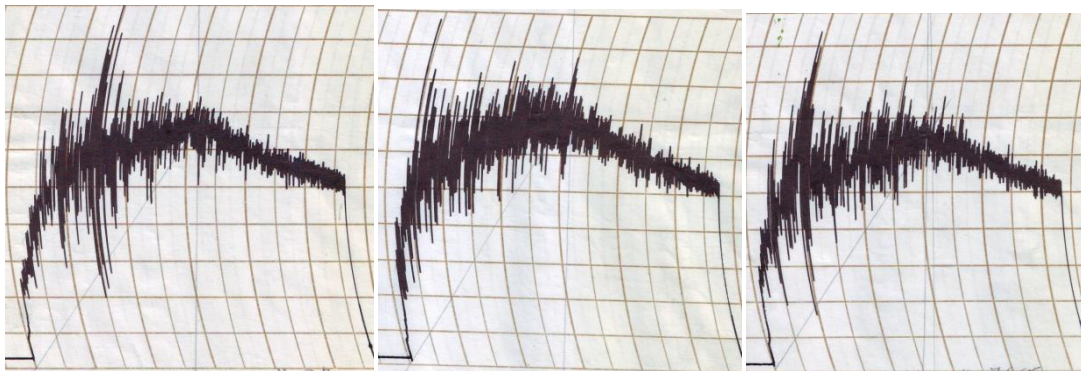


Figura 38: Mixograma de 90 % harina flor de trigo importado + 10 % harina integral de centeno.

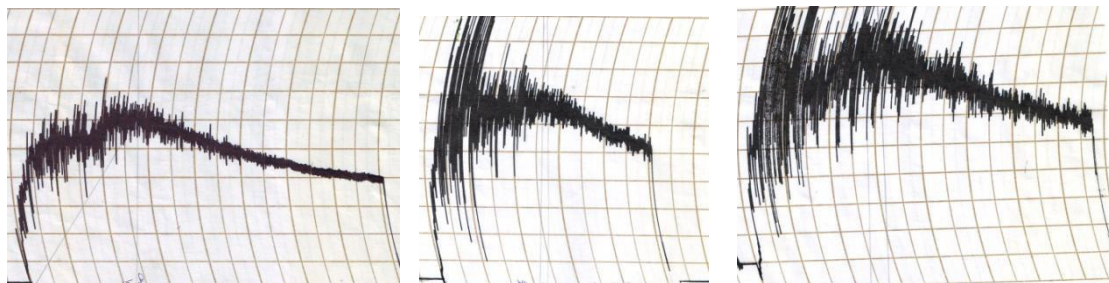


Figura 39: Mixograma de 80 % harina flor de trigo importado + 20 % harina integral de centeno.

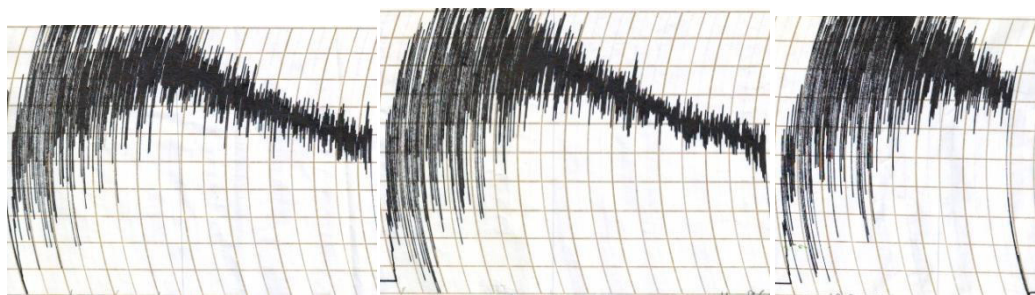


Figura 40: Mixograma de 70 % harina flor de trigo importado + 30 % harina integral de centeno.

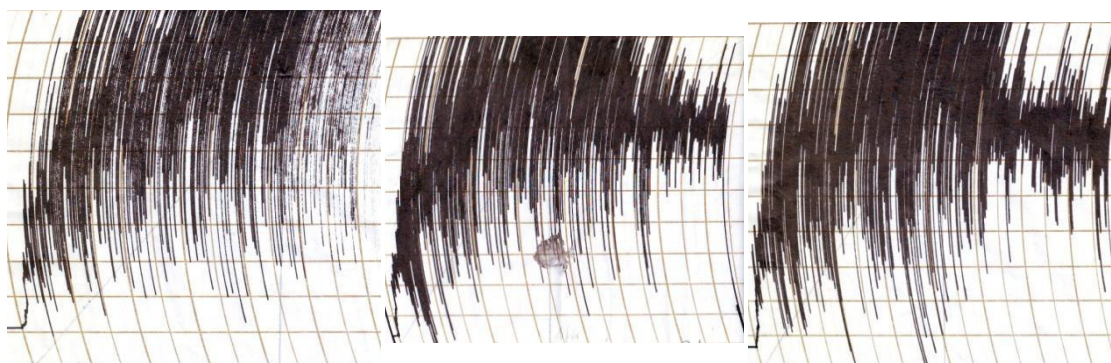


Figura 41: Mixograma de 100 % harina integral de trigo nacional.

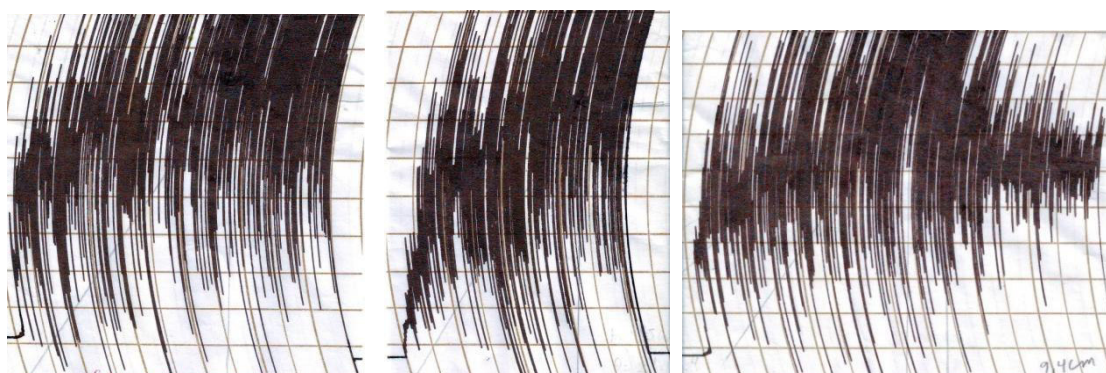


Figura 42: Mixograma de 90 % harina integral de trigo nacional + 10 % harina integral de triticale.

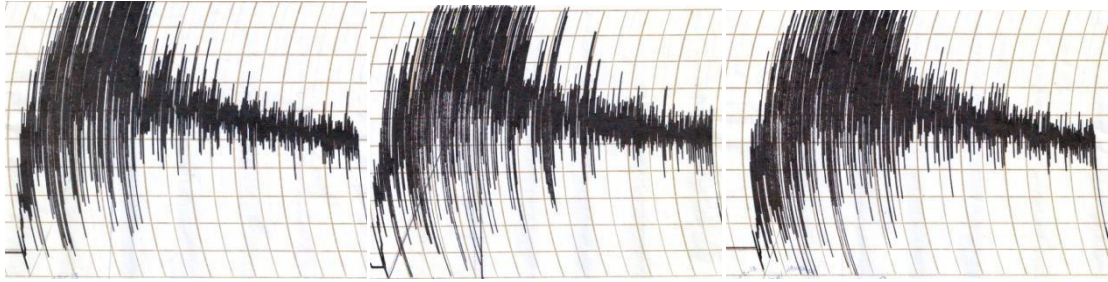


Figura 43: Mixograma de 80 % harina integral de trigo nacional + 20 % harina integral de triticales.

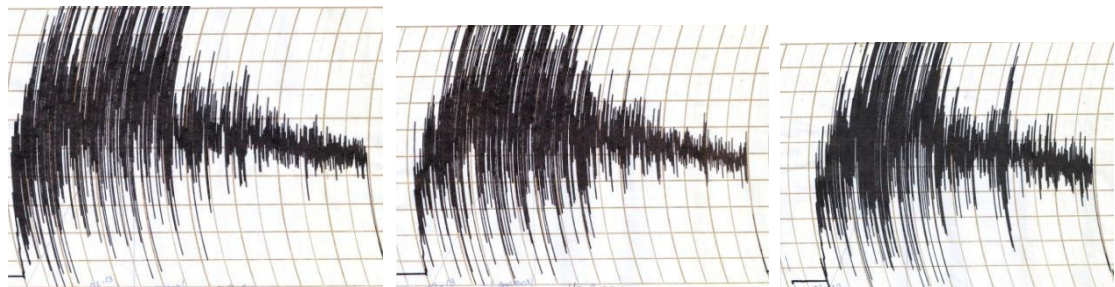


Figura 44: Mixograma de 70 % harina integral de trigo nacional + 30 % harina integral de triticales.

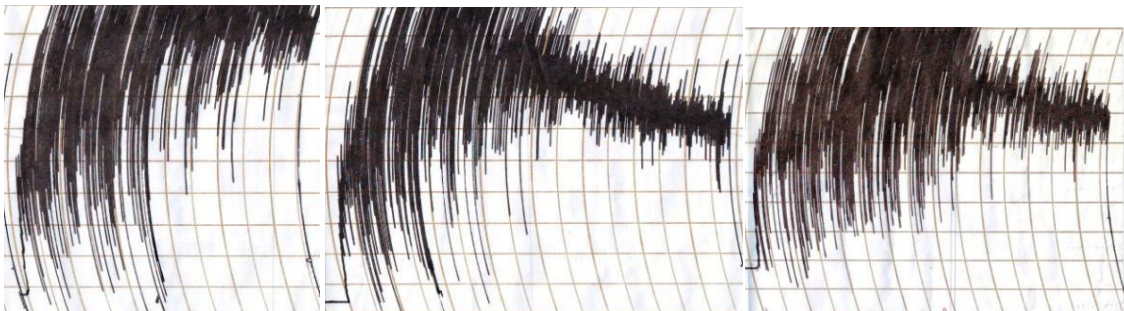


Figura 45: Mixograma de 90 % harina integral de trigo nacional + 10 % harina integral de centeno.

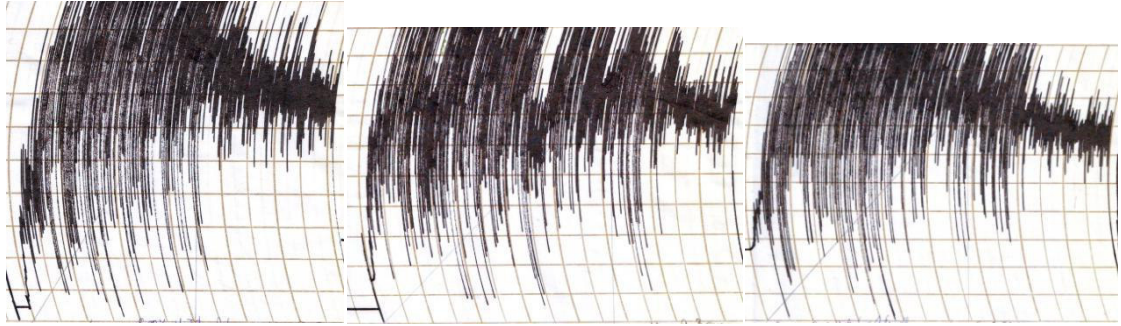


Figura 46: Mixograma de 80 % harina integral de trigo nacional + 20 % harina integral de centeno.

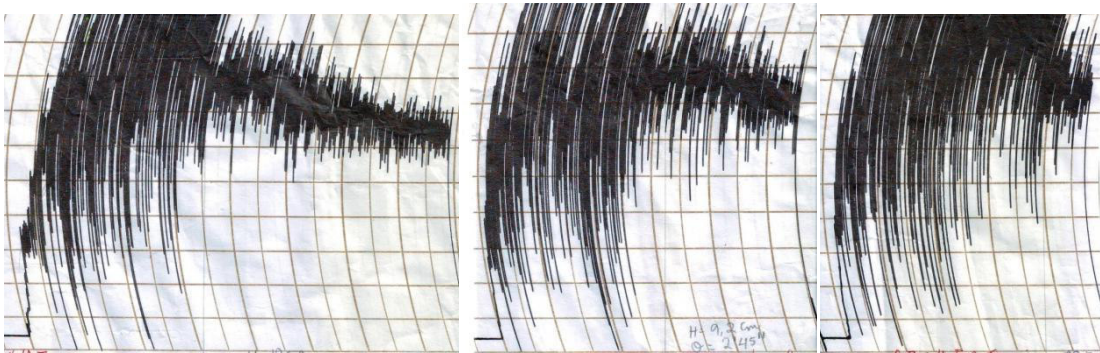


Figura 47: Mixograma de 70 % harina integral de trigo nacional + 30 % harina integral de centeno.

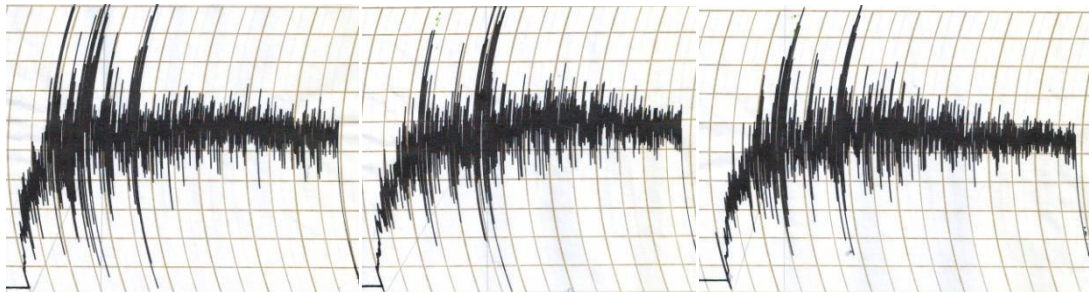


Figura 48: Mixograma de 100 % de Harina flor de trigo nacional.

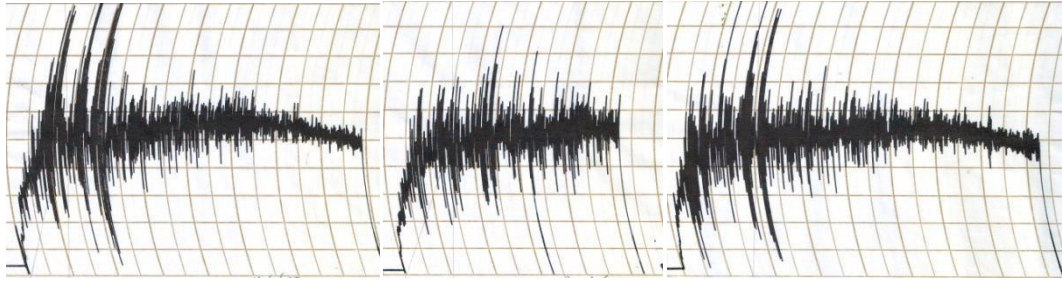


Figura 49: Mixograma de 90 % harina flor de trigo nacional + 10 % harina integral de triticale.

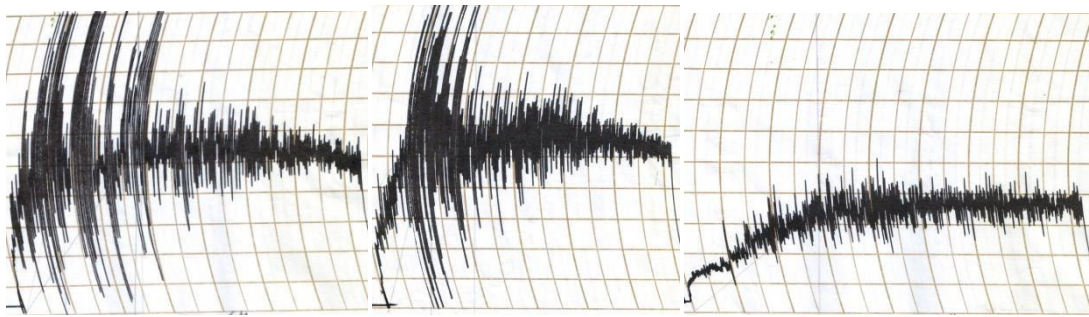


Figura 50: Mixograma de 80 % harina flor de trigo nacional + 20 % harina Integral de triticale.

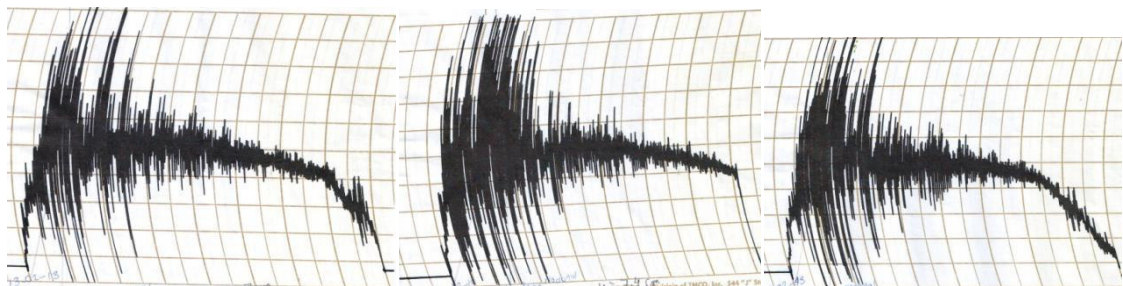


Figura 51: Mixograma de 70 % harina flor de trigo nacional + 30 % harina integral de triticale.

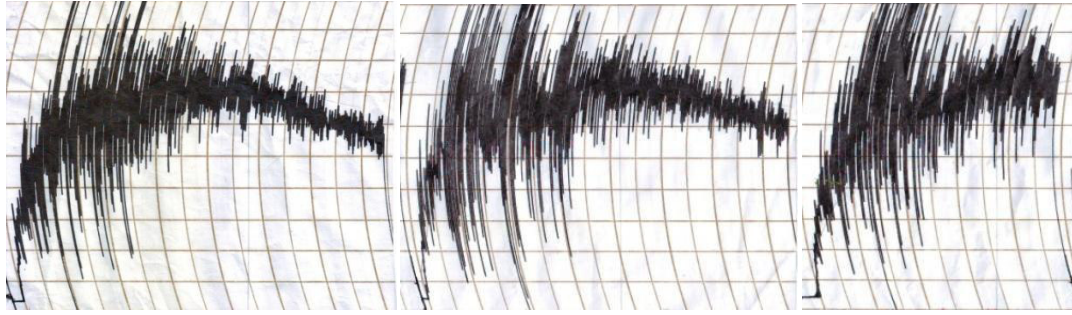


Figura 52: Mixograma de 90 % harina flor de trigo nacional + 10 % harina integral de centeno.

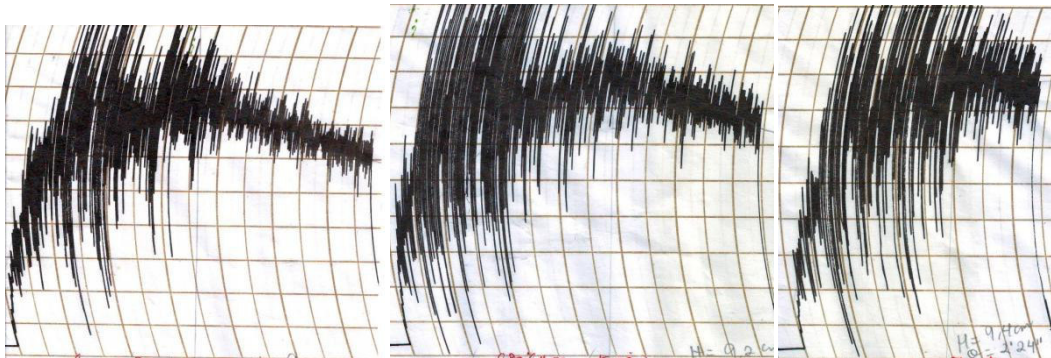


Figura 53: Mixograma de 80 % harina flor de trigo nacional + 20 % harina integral de centeno.

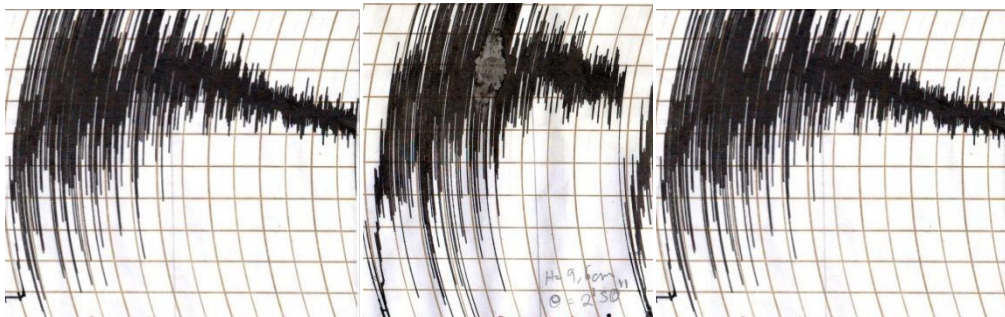


Figura 54: Mixograma de 70 % harina flor de trigo nacional + 30 % harina integral de centeno.

ANEXO 10: CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y REOLÓGICAS

Harina flojísima

P	:	25/40
L	:	60/80
W	:	80/100
P/L	:	0,3 / 0,5
Degradación	:	0/20 %
Humedad	:	14,5 %
Gluten húmedo	:	24/30
Gluten seco	:	8/11 %
Falling number	:	250/300 s
Proteína	:	10/11 % ss
Cenizas	:	< 0.70
Índice de maltose	:	1,70 / 1,90
Índice de Zeleny	:	18/38

Harina floja

P	:	35/40
L	:	100/110
W	:	90/110
P/L	:	0,3 / 0,4
Degradación	:	< 15 %
Humedad	:	13,5/14,5 %
Gluten húmedo	:	≈ 25 %
Gluten seco	:	8/11 %
Falling number	:	250/300 s
Proteína	:	9/13 % ss
Cenizas	:	< 0,60
Índice de Zeleny	:	18/36

Harina floja/alta

P	:	40/50
L	:	100/110
W	:	110/135
P/L	:	0,3 / 0,5
Degradación	:	<15 %
Humedad	:	13/15 %
Gluten húmedo	:	≈ 25 %
Gluten seco	:	8/11 %
Falling number	:	280/300 s
Proteína	:	9/13 % ss
Cenizas	:	< 0,66
Indice de Zeleny	:	18/38

Harina de gran fuerza

P	:	100/120
L	:	80/110
W	:	300/350
P/L	:	1,0/1,3
Degradación	:	< 10 %
Humedad	:	14/15 %
Gluten húmedo	:	27/33%
Gluten seco	:	8/11 %
Falling number	:	350/450 s
Proteína	:	13/14 % ss
Cenizas	:	< 0,66
Indice de maltosa	:	2/2,40

ANEXO 11: MODO DE EMPLEO DEL GLUTOMATIC SYSTEM:

- Introducir unas pocas gotas de agua en el orificio frontal de la cámara de plexiglás.
- Montar la cámara de lavado del Glutomatic, con el tamiz de poliéster de 88 micras en el bastidor no marcado y presionar la cámara de plástico firmemente sobre el tamiz. Usar el boque de plástico. Hacer girar la cámara de plástico para sujetar el tamiz. Estirar cuidadosamente de los bordes del tamiz si fuese necesario.
- Humedecer el tamiz uniformemente a fin de obtener un puente capilar de agua que evite la pérdida de harina. Eliminar el exceso de agua sosteniendo un paño, en una mano y sacudiendo con la otra por tres veces la cámara de lavado contra éste y secar entonces las paredes de la cámara con un paño seco.
- Pesar 10 \pm 0,01g de la harina y ponerla en la cámara de ensayo. Agitar la cámara de lavado suavemente para extender la muestra uniformemente.
- Añadir 4.8ml de la disolución al 2 % de cloruro de sodio mediante el dispensador sobre la harina de la cámara de ensayo, sostener la cámara ligeramente inclinada y dirigir la corriente del líquido del dispensador hacia la pared lateral de plástico de la cámara de ensayo, sostener la cámara ligeramente inclinada y dirigirá la corriente de líquido del dispensador hacia la pared lateral de plástico de la cámara para que la disolución no traspase el tamiz. Agitar la cámara de ensayo suavemente, primero dirigiendo el líquido alrededor de las paredes de la cámara y luego sobre la superficie, de modo que se extienda uniformemente sobre la harina.
- Colocar la cámara de ensayo con la harina y su agua de amasado en la posición de trabajo y encajarla en la bayoneta de sujeción. Pulsar el botón verde "Start". Las secuencias de amasado/lavado se suceden automáticamente.
- Continuar con el centrifugado del gluten.

ANEXO 12: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES INDICADORAS

Solución de Rojo de Metilo

Rojo de metilo..... 0.1 g
Alcohol etílico (95 %)... 250 ml
Agua destilada..... 250 ml

Preparación:

- Disolver el colorante en el alcohol.
- Agregar el agua destilada.
- Filtrar la preparación (AZC, 2013).

Solución de Verde de Bromocresol (VBC):

Solución Madre

Disolver 0,1 g de verde de bromocresol en 14,3 ml de hidróxido de sodio 0,01M.
posteriormente, agregar 225 ml de agua destilada.

ANEXO 13: COMPOSICIÓN DE TABLETAS CATALIZADORAS

- Catalizador Kjeldahl (Cu-Se) (9 % $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 0,9 % Se) tableta
- Potasio Sulfato 90 %
- Cobre(II) Sulfato 5-hidrato 9 %
- Selenio metal 0,9 %

ANEXO 14: FOTOS DE PANES DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE CENTENO Y TRITICALE AL 0, 10, 20 Y 30 % DE SUSTITUCIÓN ELABORADOS A NIVEL EXPERIMENTAL



Figura 55: 100 % Harina flor de trigo importado.



Figura 56: 90 % harina flor de trigo importado + 10 % harina integral de centeno.



Figura 57: 80 % harina flor de trigo importado + 20 % harina integral de centeno.

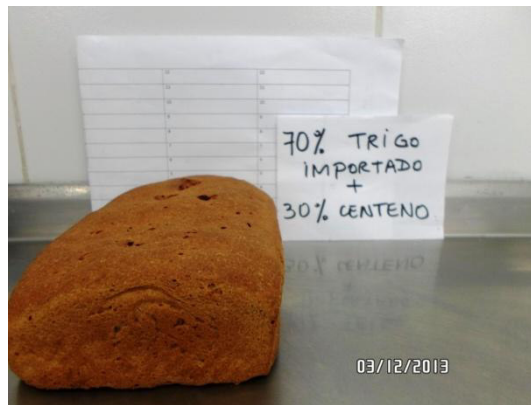


Figura 58: 70 % harina flor de trigo importado + 30 % harina integral de centeno.



Figura 59: 90 % harina flor de trigo importado + 10 % harina integral de triticale.



Figura 60: 80 % harina flor de trigo importado + 20 % harina integral de triticale.



Figura 61: 70 % harina flor de trigo importado + 30 % harina integral de triticale.



Figura 62: 100 % harina Integral de Trigo Nacional.



Figura 63: 90% Harina Integral de Trigo Nacional + 10% Harina Integral de Centeno.



Figura 64: 80% Harina Integral de Trigo Nacional + 20% Harina Integral de Centeno

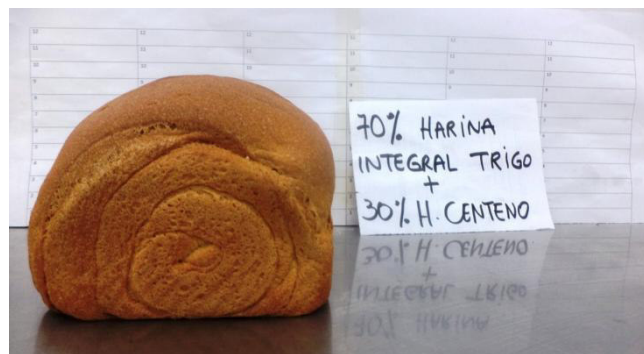


Foto 65: 70% Harina Integral de Trigo Nacional + 30% Harina Integral de Centeno.



Figura 66: 90% Harina Integral de Trigo Nacional + 10% Harina Integral de Triticale.



Figura 67: 80% Harina Integral de Trigo Nacional + 20% Harina Integral de Triticale.



Figura 68: 70% Harina Integral de Trigo Nacional + 30% Harina Integral de Triticale.



Figura 69: 100% Harina flor de trigo Nacional.



Figura 70: 90% Harina flor de Trigo Nacional + 10% Harina Integral de Centeno.

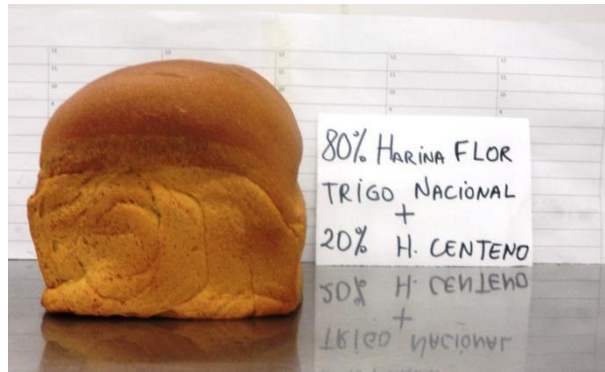


Figura 71: 80% Harina flor de Trigo Nacional + 20% Harina Integral de Centeno.



Figura 72: 70% Harina flor de Trigo Nacional + 30% Harina Integral de Centeno.



Figura 73: 90% Harina flor de Trigo Nacional + 10% Harina Integral de Triticale.



Figura 74: 80% Harina flor de Trigo Nacional + 20% Harina Integral de Triticale.



Figura 75: 70% Harina flor de Trigo Nacional + 30% Harina Integral de Triticale.