



Scientia Agropecuaria

Sitio en internet: www.sci-agropecu.unitru.edu.pe

Facultad de Ciencias
Agropecuarias

Universidad Nacional de
Trujillo

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

Rheological study of mixed flour: wheat (*Triticum vulgare*), barley (*Hordeum vulgare*) and potato (*Solanum tuberosum*) for use in the preparation of bread

Galo Sandoval* ; Mario Álvarez; Mayra Paredes; Alexandra Lascano

Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, casilla 18 01 334.

Recibido 16 noviembre 2011; aceptado 17 abril 2012

Resumen

Con las harinas de trigo importado, el trigo nacional y los cereales que se producen en el país, y el tubérculo papa, se realizó un estudio reológico para determinar las proporciones más convenientes de sustitución de harina de trigo importado con éstas últimas y su factibilidad para la elaboración de pan. Se trabajó en mezclas de harinas, de trigo CWRS#1 (trigo rojo de primavera del oeste de Canadá), de cebada Cañicapa, trigo Cojitambo y papa Gabriela, provenientes de cultivos ecuatorianos, en proporciones de 10, 20 y 30% (p/p). Las masas provenientes de las mezclas de harinas fueron analizadas en un Farinógrafo Brabender, con la finalidad de determinar la absorción de agua, el tiempo de desarrollo, la estabilidad e índice de tolerancia, con el objeto de seleccionar las mezclas de harinas que tuvieran un comportamiento similar a la harina de trigo CWRS#1. Las mejores mezclas encontradas fueron: harina de trigo CWRS#1 sustituida con el 10, 20 y 30% de harina de cebada Cañicapa; y la mezcla de harina de trigo CWRS#1 con harina de trigo Cojitambo en un 30%. Estas mezclas de harinas seleccionadas fueron también sometidas al análisis reológico de sus masas utilizando un equipo MIXOLAB. La utilización de las harinas seleccionadas en la elaboración de pan fue evaluado a través de un análisis sensorial. Los panes más aceptados por los consumidores fueron aquellos que contenían 20 y 30% de cebada; seguido del grupo de los elaborados con trigo importado con 30% de trigo Cojitambo, y los que contenían el 10% de harina de cebada.

Palabras clave: mezclas de harinas, reología, pan, aceptabilidad.

Abstract

With wheat flour imported and domestic wheat cereals produced in the country, and the potato tuber, a rheological study was performed to determine the most suitable proportions of substitution of wheat flour imported with the latter and its feasibility for making bread. We worked in mixtures of flour, wheat CWRS # 1 (red spring wheat in western Canada) Cañicapa barley flour, wheat and potato Cojitambo Gabriela, from Ecuadorian cultures in proportions of 10, 20 and 30% (p / p). Masses from mixtures of flours were analyzed on a Brabender Farinograph, in order to determine the water absorption, development time, stability and rate of tolerance with a view to selecting the flour blends that have a behavior similar to CWRS wheat flour # 1. The best mixtures found were: wheat flour # 1 CWRS replaced with 10, 20 and 30% barley flour Cañicapa, and the mixture of wheat flour # 1 CWRS wheat flour in Cojitambo 30%. These flour mixes selected were also subjected to rheological analysis of their masses using a computer Mixolab. The breads made from flours selected were evaluated in a sensory panel. The breads more accepted by consumers were those containing 20 and 30% barley, followed by the group of those made with imported wheat with 30% wheat Cojitambo, and containing 10% of barley flour.

Keywords: mixtures of flour, rheology, bread, acceptability.

* Autor para correspondencia

Email: sandovalgalo@yahoo (G. Sandoval)

1. Introducción

La producción mundial de trigo para el periodo 2008-2009 se estimó en 686 millones de toneladas aproximadamente, alcanzando América del Sur una producción de 15.8 millones de toneladas, de la cual Argentina y Brasil, son los principales productores, seguidos de Uruguay y Paraguay. En Ecuador la producción de trigo se encuentra entre 10 mil y 15 mil toneladas; insuficiente para cubrir la demanda interna de 500 mil toneladas anuales. La variedad más cultivada es la Cojitambo; que es un trigo que posee baja cantidad de gluten. Las importaciones de trigo provienen de Canadá, Estados Unidos y Argentina, es decir, que el cultivo nacional sólo alcanza para cubrir entre el 2% y el 3% de los requerimientos de los molinos para producir harina (Hoy, 2007). El destino que se da al trigo en la industria es el siguiente: entre el 50-60% para panificación, el 20-30 % en la fabricación de fideo y el 10-15% en galletería (Naranjo, 2004).

Aunque la mayoría de los productos de panadería en Ecuador se elaboran a partir de la harina de trigo importado, también existe la posibilidad de utilizar otros cereales, como también la harina de papas con el mismo fin. Pero la composición química de éstas no contribuyen positivamente en la retención de gas y formación de miga, particular característica del gluten de la harina de trigo; por lo que es necesario estudiar las proporciones de las sustituciones con la adición de aditivos que mejoren el comportamiento de las masas en panificación y elaboración de pastas. Es decir obtener mezclas de harinas que den masas con características reológicas adecuadas para elaborar pan con aceptables características organolépticas (Proyecto PHPPF, 2009).

Las cualidades plásticas de las harinas están ligadas básicamente a la reología de la masa; estas se midieron en el farinógrafo Bravender (Calaveras, 1996), de la

Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato y en el equipo analizador de harinas francés Mixolab, que es una nueva herramienta de análisis que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida al amasado a diferentes temperaturas. Mediante este método se puede diseñar harinas en función del uso final (Chopin Technologies, 2008).

Según Pantanelli (1996), el farinógrafo mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia. El farinógrafo genera una curva que reproduce en forma visual el conjunto de características de calidad de la harina y va aumentando hasta un máximo de consistencia a medida que las proteínas de la harina van formando el gluten y luego la curva desciende, puesto que pierden resistencia por el amasado continuo. Los valores que normalmente se determinan con el farinógrafo son: tiempo óptimo de amasado, estabilidad de la masa y tolerancia al mezclado de las masas.

El Mixolab es un equipo automático controlado por computadora que permite hacer un análisis de la masa en un solo ensayo, simulando las condiciones del procedimiento de fabricación. Mide en tiempo real el torque o par (expresado en Nm) que se produce al paso de la masa entre dos fraseadores, características reológicas (debilitamiento de las proteínas, la actividad enzimática, la gelatinización y gelificación del almidón) que se presentan en un gráfico expresado en curvas y tablas. (Chopin Technologies, 2008).

El objetivo de la investigación fue realizar mezclas de harina de trigo con CWRS # 1 con las siguientes harinas: cebada Cañicapa, trigo Cojitambo y papa Gabriela, se analizaron sus características reológicas en el farinógrafo Bravender y en el Mixolab Chopin y se determinaron su utilización en la elaboración de pan.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

Las harinas utilizadas en la experimentación: harina de trigo importado variedad CWRS#1 (Trigo rojo de primavera del oeste de Canadá) proporcionada por Molinos Miraflores S.A. y harinas ecuatorianas de trigo Cojitambo, cebada Cañicapa y papa Gabriela, obtenidas en el laboratorio a través de un proceso de molienda y tamizado. Los granos y tubérculos se adquirieron directamente de proveedores en mercados de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua.

2.2. Metodología

La harina de papa variedad Gabriela, que se cultiva en Ecuador se obtuvo siguiendo el siguiente proceso: selección de tubérculos, lavado para eliminar materiales extraños, pelado, troceado en forma de bastones, precocción a vapor entre 95 – 105 °C por el tiempo de 4 minutos, secado por 10 horas a 45°C de temperatura. Cuando los bastones estaban secos se procedió a la molienda en un molino de cilindros hasta obtener la harina; y finalmente ésta fue tamizada hasta obtener una granulometría uniforme, en un tamiz de malla 120 ASTM (Sandoval, 2010).

Los granos de trigo Cojitambo y cebada Cañicapa cultivados en el Ecuador fueron acondicionados con adición de agua antes de la molienda, luego fueron llevados a un molino de cilindros hasta obtener harinas. A estas harinas se sometieron a un tamizado para obtener harinas con granulometría uniforme de malla 150 ASTM.

Se prepararon mezclas de harinas de trigo importado CWRS#1 con sustitución del 10, 20 y 30% (p/p) de harinas de cebada Cañicapa, trigo Cojitambo y papa Gabriela. Se aplicó un diseño experimental de un factor completamente aleatorizado y por triplicado. En las mezclas de harinas se analizaron sus características reológicas utilizando un farinógrafo Brabender (AACC, 1969). A los resultados obtenidos

se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) empleando el paquete Estadístico Statgraphics Plus 4.0; y la prueba de Tukey cuando fue necesario hacerlo. Para seleccionar los mejores tratamientos se consideraron a las mezclas con características similares estadísticamente a la harina de trigo importado CWRS#1.

Las mezclas de las harinas consideradas como los mejores tratamientos, fueron evaluadas en sus características reológicas, como: el máximo torque durante la mezcla (C1), el debilitamiento de las proteínas basado en el trabajo mecánico y la temperatura (C2), la gelatinización del almidón (C3), la estabilidad del gel de almidón formado (C4), la retrogradación del almidón durante la etapa de enfriamiento (C5), la pendiente α de la curva entre el final del período de 30 °C y C2, la pendiente β de la curva entre C2 y C3 y la pendiente (γ) de la curva entre C3 y C4 se determinaron por medio del protocolo estándar Chopin "+" del Analizador Mixolab, Las pruebas fueron realizadas con un peso de masa de 75 g a la velocidad de mezclado de 80 rpm con 30 °C de temperatura en el tanque (ICC, 2006).

Con las mejores mezclas de harinas se elaboraron panes utilizando la siguiente fórmula: harinas 1 kilo, azúcar 100 g, grasa 200 g, sal 20 g, levadura 30 g, y agua 550 ml. Para la preparación de la masa, su fermentación, formación de figuras del pan, fermentación final de los panes y el horneado se siguió la metodología expuesto por (Proyecto PHPPF, 2009).

Con el fin de conocer la aceptación de las mezclas de harinas, se elaboraron panes, que luego se los sometió a evaluación sensorial por un panel de 50 consumidores. Para la evaluación de las propiedades sensoriales de apariencia, color, sabor y textura, se utilizó una prueba sensorial afectiva (Anzaldúa-Morales, 1998), aplicando una escala hedónica de 5 puntos: me disgusta mucho: 1, me disgusta: 2, ni me gusta ni me disgusta: 3,

me gusta: 4 y me gusta mucho: 5. En las muestras con mejor aceptabilidad se aplicó un diseño experimental de bloques completos aleatorizados. El volumen del pan fue determinado por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 530:1980 (IEN, 1980).

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización farinográfica

El análisis farinográfico permite medir la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar ésta consistencia (Pantanelli, 2009). En la Tabla 1 se indica los promedios de las réplicas correspondientes a absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad e índice de tolerancia en las mezclas de harinas y de la harina de trigo importado CWRS # 1. La absorción de agua representa la cantidad necesaria de este elemento para alcanzar una consistencia en el amasado de 500

Unidades Brabender “UB” (Pantanelli, 2009). La absorción de la harina de trigo importado CWRS # 1 tienen un valor de 63.7%. Al reemplazar la harina de trigo importada por harina de trigo Cojitambo en un 10, 20 y 30%, las absorciones de agua de estas mezclas están entre los valores que van desde 63.6 a 63.8%, en cambio cuando se reemplaza los mismos porcentajes con harina de cebada la absorción va desde 63.6 a 64.7%. Sin embargo en estas mezclas, las absorciones de agua son estadísticamente iguales.

En el caso de las mezclas de harinas que contiene papa Gabriela, aumentan la absorción desde 60.40 a 84.30%, este aumento de la absorción de agua comparado con la harina de trigo importado CWRS # 1 se debe a que en la preparación de la harina de papa se utiliza la precocción del tubérculo en el proceso de preparar la harina.

Tabla 1

Análisis farinográficos de las mezclas de harinas.

Muestras de harinas	Absorción de agua * (%)	Tiempo de desarrollo * (min)	Estabilidad de la masa * (min)	Índice de tolerancia * (UB)
Harina de Trigo importado CWRS # 1	63.70 ± 1.6 a	4.5 ± 0.00 a	7.90 ± 0.71 a	56.00 ± 0.00 ab
90% harina de trigo CWRS # 1 + 10% harina de trigo Cojitambo	63.80 ± 1.12 a	4.6 ± 0.20 a	5.65 ± 0.91 abc	62.50 ± 6.36 abc
80% harina de trigo CWRS # 1 + 20% harina de trigo Cojitambo	63.70 ± 1.45 a	5.25 ± 0.25 a	4.75 ± 0.07 bcd	62.50 ± 2.12 abc
70% harina de trigo CWRS # 1 + 30% harina de trigo Cojitambo	63.60 ± 1.40 a	4.75 ± 0.25 a	5.90 ± 0.42 ab	66.00 ± 5.65 bc
90% harina de trigo CWRS # 1 + 10% harina de cebada Cañicapa	64.30 ± 1.25 a	5.1 ± 0.40 a	6.60 ± 0.70 ab	55.50 ± 0.70 ab
80% harina de trigo CWRS # 1 + 20% harina de cebada Cañicapa	64.40 ± 1.3 a	5.05 ± 0.15 a	7.55 ± 0.21 a	55.00 ± 7.07 ab
70% harina de trigo CWRS # 1 + 30% harina de cebada Cañicapa	64.70 ± 1.45 a	4.8 ± 0.30 a	7.35 ± 1.20 a	44.00 ± 5.65 a
90% harina de trigo CWRS # 1 + 10% harina de papa Gabriela	69.40 ± 1.25 b	4.65 ± 0.15 a	3.70 ± 0.56 cde	79.00 ± 1.41 cd
80% harina de trigo CWRS # 1 + 20% harina de papa Gabriela	77.00 ± 1.75 c	5.15 ± 0.15 a	3.35 ± 0.21 de	87.50 ± 3.53 d
70% harina de trigo CWRS # 1 + 30% harina de papa Gabriela	84.30 ± 1.2 d	5.0 ± 0.10 a	2.95 ± 0.07 e	110.0 ± 7.07 e

Resultado promedio (n=3) ± desviación estándar

*Letras diferentes en una misma columna indica diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$) en las muestras de harinas.

La harina precocida facilita la hidratación, solubilización y desarrollo dando una textura viscosa debido al contenido de almidones (Rodríguez *et al.*, 2006).

El tiempo de desarrollo es el tiempo que tarda en formarse la masa y en llegar a las 500 U.B., es la velocidad con que la harina absorbe el agua y forma el gluten (De La Llave, 2004). La harina de trigo importado reportó un valor de tiempo de desarrollo de 4.5 minutos, es decir un tiempo aceptable según Calaveras (1996), por lo que se puede considerar como harina fuerte. 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, 1996). Las mezclas de harinas analizadas presentan igual valor con el tiempo de desarrollo de harina de trigo importado CWRS # 1.

El trigo importado CWRS # 1 tiene 15.33% de proteína y 81.84 % de carbohidratos en base seca; en cambio el trigo Cojitambo posee 9.10% de proteína y 87.58% de carbohidratos (Proyecto PHPPF, 2009). La menor cantidad de proteína de la harina de trigo Cojitambo de Ecuador significa también que tiene bajo contenido de gluten y dé lugar a una deficiente calidad de harina para pan. El interés del país es conocer cuánto de harina de trigo Cojitambo puede reemplazarse a la del trigo importado, con el objetivo de aprovechar el trigo nacional en la industria molinera.

La estabilidad es un parámetro importante para establecer si una harina se califica como fuerte o débil (Calaveras, 1996). La harina de trigo importado CWRS # 1 posee un valor de 7.90; se le considera una harina fuerte. Las mezclas de harinas que no presentaron diferencia significativa con la harina de trigo importado fueron las mezclas con cebada al 10, 20 y 30% de sustitución; y las mezclas con trigo Cojitambo al 30% de sustitución. Las

mezclas de harinas con papa Gabriela poseen valores muy bajos de estabilidad, van desde 2.95 a 3.70 minutos; y son consideradas débiles, no aptas para panificación.

La harina de trigo importado CWRS # 1 posee un valor de 56.00 de índice de tolerancia, un valor similar a los que poseen las mezclas con cebada al 10, 20 y 30% de sustitución y a las mezclas de trigo Cojitambo al 10, 20 y 30% de sustitución. Los datos anteriores son considerados índices de tolerancia bajos; cuando existe valores bajos en el índice de tolerancia se consideran como harinas fuertes (De La Llave, 2004). En cambio las harinas que contienen papa son harinas débiles por tener valores altos que van desde 79 a 110 en el índice de tolerancia.

De los resultados obtenidos con el Farinógrafo, se seleccionaron las mezclas de la mejor estabilidad; es decir con tiempos > 5.9 minutos y bajo índice de tolerancia < 66 UB para proseguir con la investigación. Estas mezclas fueron: las que contenían harina de trigo Cojitambo al 30% de sustitución de la harina importada y las mezclas con harinas que contenían el 10, 20 y 30% de sustitución por harina de cebada Cañicapa.

3.2. Caracterización reológica

Para el estudio reológico en el Mixolab se consideran las mezclas que se indican en el párrafo anterior. La masa de las harinas dentro de las fraseadores del equipo Mixolab alcanzan el par máximo de 1,1 Nm a temperatura constante de 30 ° C; y, de ese momento la masa es estable a deformaciones. Este período de tiempo corresponde a la masa estable.

La harina de trigo importado CWRS # 1 tiene un valor de estabilidad de 9.30, valor similar a todas las mezclas de harinas analizadas (Tabla 2).

Tabla 2

Características reológicas en mezclas de harinas.

Muestras de harinas	Estabilidad en minutos	C2 Nm *	C3 Nm *	C4 Nm *	C5 Nm *	α Nm/min	β Nm/min	γ Nm/min
Harina de Trigo importado CWRS # 1	9.30 ± 0.112 a	0.46 ± 0.01 a	1.62 ± 0.01 a	1.49 ± 0.005 a	2.33 ± 0.01 a	-0.082 ± 0.014	0.264 ± 0.018	-0.052 ± 0.003
70% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% de harina de trigo Cojitambo	9.03 ± 0.18 a	0.51 ± 0.01 b	1.79 ± 0.02 b	1.71 ± 0.03 b	2.58 ± 0.055 c	-0.016 ± 0.01	0.306 ± 0.036	-0.016 ± 0.027
90% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 10% de harina de cebada Cañicapa	9.35 ± 0.14 a	0.53 ± 0.005 b	1.81 ± 0.015 b	1.68 ± 0.005 b	2.51 ± 0.01 bc	-0.018 ± 0.038	0.320 ± 0.001	-0.014 ± 0.007
80% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 20% de harina de cebada Cañicapa	9.25 ± 0.115 a	0.53 ± 0.005 b	1.77 ± 0.025 b	1.65 ± 0.015 b	2.36 ± 0.02 ab	-0.074 ± 0.034	0.322 ± 0.122	0.016 ± 0.019
70% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% de harina de cebada Cañicapa	9.10 ± 0.11 a	0.61 ± 0.005 c	1.86 ± 0.01 b	1.67 ± 0.01 b	2.43 ± 0.005 abc	-0.112 ± 0.004	0.246 ± 0.008	-0.024 ± 0.01

Resultados promedio (n=3) ± desviación estándar

*Letras diferentes en una misma columna indica diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$) en las muestras de harinas.

C2: debilitamiento de las proteínas basado en el trabajo mecánico y la temperatura; C3: gelatinización del almidón; C4: estabilidad del gel de almidón formado; C5: retrogradación del almidón durante la etapa de enfriamiento.

La harina de trigo importado tiene los siguientes valores: 0.46; 1.62 y 1.49 Nm, en el debilitamiento de las proteínas (C2), la gelatinización del almidón (C3) y la estabilidad del gel de almidón (C4) respectivamente, son valores menores, cuando se comparan con los mismos parámetros analizados en las diferentes mezclas seleccionadas. Estos resultados nos indican que existe influencia de las harinas agregadas en reemplazo con la de trigo importado. El menor valor en la estabilidad del gel del almidón en el trigo importado puede deberse a una mayor actividad amilásica en dicha harina.

En la retrogradación del almidón durante la etapa de enfriamiento (C5), la harina de trigo importado tiene un valor de 2.33 Nm, similar a las mezclas de harinas que tienen 20 y 30% de cebada; en cambio existe diferencia significativa con las harinas que tienen 30% de trigo Cojitambo y las que poseen el 10% de cebada, estas dos últimas mezclas tienen valores altos de retrogradación, 2.58 y 2.51 Nm respectivamente. En la tabla 2 se indica también las siguientes pendientes: α de la curva entre el final del período de 30 °C y C2; β de la curva entre

C2 y C3; y, γ de la curva entre C3 y C4 de las mezclas de harinas como la del trigo importado.

Volumen de los panes

Los panes que poseen trigo importado CWRS # 1 presentan un volumen de 783 cm³, seguido de los panes que poseen las mezclas de harinas con el 10% de cebada, con 740 cm³ (Figura 1).

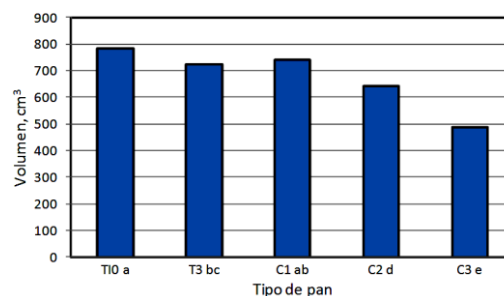


Figura 1. Volúmenes de los panes elaborados con las diferentes harinas.

Letras diferentes en el eje de las x indica diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre los panes.

T10: Harina de Trigo importado CWRS # 1; T3: 70% harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% harina de trigo Cojitambo; C1: 90% harina de trigo importado CWRS # 1 + 10% harina de cebada Cañicapa; C2: 80% harina de trigo importado CWRS # 1 + 20% harina de cebada Cañicapa; C3: 70% harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% harina de cebada Cañicapa.

Estos dos tipos de panes son iguales entre sí; los otros panes son de menor volumen, cuando se comparan con los elaborados solo con trigo importado.

Análisis sensorial de los panes

Con la finalidad de conocer la aceptabilidad por parte de los panes de los consumidores, se realizaron análisis sensoriales, y sus valores promedios se indica en la Tabla 3. En la apariencia, los

diferentes panes elaborados con trigo importado fueron iguales a los elaborados con mezclas. Con respecto al color se encontró que tienen igual valor entre los panes de trigo importado CWRS # 1 y los panes provenientes de las mezclas de harinas que contenían 10 y 20% de cebada Cañicapa; en cambio existió diferencia al comparar con los panes que contenían 30% de trigo Cojitambo y los que poseen 30% de cebada.

Tabla 3

Análisis sensorial de los panes elaborados con las diferentes harinas.

Pan con diferentes tipos de harinas	Apariencia *	Color *	puntos/5 puntos		Aceptabilidad *
			Sabor *	Textura *	
Harina de Trigo importado CWRS # 1	3.80 ± 0.91 a	3.22 ± 0.76 a	3.71 ± 1.07 b	2.82 ± 1.33 cd	3.66 ± 1.09 b
70% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% de harina de trigo Cojitambo	3.90 ± 0.81 a	2.59 ± 0.77 b	3.64 ± 1.07 b	3.53 ± 1.01 ab	3.76 ± 1.00 b
90% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 10% de harina de cebada Cañicapa	3.95 ± 0.71 a	3.06 ± 0.78 a	3.69 ± 0.99 b	3.17 ± 1.09 bc	3.71 ± 1.03 b
80% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 20% de harina de cebada Cañicapa	3.76 ± 0.87 a	3.21 ± 0.79 a	3.90 ± 0.99 ab	2.78 ± 1.22 d	3.98 ± 0.98 ab
70% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% de harina de cebada Cañicapa	3.92 ± 0.95 a	2.68 ± 0.86 b	4.15 ± 0.84 a	3.82 ± 0.99 a	4.18 ± 0.80 a

*Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) en los diferentes panes.



Figura 2. Panes elaborados con las diferentes harinas

T10= Harina de Trigo importado CWRS # 1

T3= 70% harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% harina de trigo Cojitambo (trigo nacional).

C1= 90% harina de trigo importado CWRS # 1 + 10% harina de cebada Cañicapa (cebada nacional).

C2= 80% harina de trigo importado CWRS # 1 + 20% harina de cebada Cañicapa (cebada nacional).

C3= 70% harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% harina de cebada Cañicapa (cebada nacional).

En sabor son mejores aquellos panes que fueron elaborados con mezclas de harinas con 20 y 30% de cebada Cañicapa, y que presentan valores de 3.9 y 4.1 sobre 5; los jueces manifestaron como aceptables. Los otros panes elaborados con trigo importado CWRS # 1, calificaron en menor cuantía en sabor que los panes anteriores, con valores entre 3.64 a 3.71. Se calificaron entre gusta ni disgusta a gusta. Las mejores texturas presentan los panes elaborados con mezclas de harinas que contenían 30% de trigo Cojitambo y los que poseen el 30% de harina de cebada Cañicapa, siendo iguales entre sí; pero diferentes con la textura de los demás panes; inclusive con los panes elaborados con trigo importado CWRS # 1, que posee un valor de 2.82. Los panes que tuvieron mejor aceptabilidad, fueron aquellos que contenían el 20 y el 30% de harina de cebada y presentaron valores de 3.98 y 4.18 respectivamente. Los demás panes poseen menor aceptabilidad que los anteriores, entre ellos los elaborados con trigo importado CWRS # 1, los que poseían 30% de trigo Cojitambo y los que tenían el 10% de cebada. Entre estos últimos panes los catadores lo consideraron de igual aceptabilidad.

4. Conclusiones

La harina de trigo importado CWRS # 1 y las mezclas de harinas elaboradas presentan similares características farinográficas en el tiempo de desarrollo, pero diferentes en la absorción de agua, estabilidad e índice de tolerancia.

Los análisis farinográficos determinan técnicamente que las mezclas de harinas que pueden ser utilizadas para pan fueron las siguientes:

- 70% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% de harina de trigo Cojitambo.
- 90% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 10% de harina de cebada.
- 80% de harina de trigo importado CWRS # 1 + 20% de harina de cebada Cañicapa.

- 70 de harina de trigo importado CWRS # 1 + 30% de harina de cebada Cañicapa.

El Mixolab permitió determinar las propiedades reológicas de las masas provenientes de la harina de trigo así como de las mezclas seleccionadas. Los resultados indican que las mezclas presentaron valores más altos en C2, C3 y C4 comparado con la harina de trigo importado. Con respecto a la estabilidad de las masas, el trigo importado y las mezclas de harinas tienen iguales valores. En C5, el trigo importado fue igual a los valores que poseen las harinas con el 20 y 30% de cebada, con las otras mezclas fueron diferentes. El pan elaborado con las harinas y mezclas de harinas seleccionadas se evaluó en un panel de evaluación sensorial. Los panes más aceptables por los consumidores fueron aquellos que contenían 20 y 30% de cebada; seguido del siguiente grupo de panes: los elaborados con trigo importado, los que tenían 30% de trigo Cojitambo y los que contenían el 10% de cebada.

Agradecimientos

A la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología e Innovación – SENESCYT, (Antes SENACYT) y la Universidad Técnica de Ambato –UTA- por el financiamiento, mediante el Proyecto de investigación PIC-08-0000162 “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (maíz, quinoa y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos”, ejecutado en los laboratorios de la Unidad de Investigación en Tecnología en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Referencias bibliográficas

- American Association of Cereal Chemists - AACC. 1969. Cereal laboratory methods. St. Paul, 7th Edn. Minnesota, USA.
- Anzaldúa-Morales, A. 1998. Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Calaveras, J. 1996. Tratado de panificación y bollería. A. Madrid Vicente Ediciones, Primera Edición. España.
- Chopin Technologies. 2008. Manual de empleo del mixolab. Villeneuve la Gárrenne, Francia.
- De la Llave, A. 2004. Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en

- un producto de panificación. Tesis Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, México.
- Hoy. 2007. Producción de trigo no cubre la demanda local. Disponible en <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/produccion-de-trigo-no-cubre-la-demanda-local-279914-279914.html>.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1980. Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 530:1980. Harina de trigo, ensayo de panificación. Quito, Ecuador.
- Pantanelli A. 1996. Parámetros industriales de la calidad del trigo. Disponible en http://www.aaprotrigo.org/calidad%20panadera/parametros_industriales_calidad_trigo.htm.
- Pantanelli, A. 2009. Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo. Disponible en: <http://www.roagro.com.ar/upload/varios/Par%C3%A1metros%20Calidad%20del%20Trigo.doc>
- Proyecto PHPPF. 2009. Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (maíz, quinua y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos. UTA-SENACYT, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Naranjo, M. 2004. Estudio y análisis de un posible escenario para el trigo y el maíz dentro del sector agrícola ante la firma de un tratado de libre comercio entre los Estados Unidos de América y el Ecuador. Tesis para obtener el título de Ingeniero Empresarial. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Rodríguez, E.; Fernández, A.; Alonso, A. y Ospina, B. 2006. Reología de suspensiones preparadas con harina de yuca precocida. Revista Ingeniería & Desarrollo 19: 87-93.
- Sandoval, G. 2010. Producción de harina precocida de papa. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC). 2006. ICC Standard N. 173. Whole meal and flour from *T. aestivum* – Determination of rheological behavior as a function of mixing and temperature increase. Disponible en: http://www.icc.or.at/standard_methods/173.