

Propiedades reológicas y composición proteica: parámetros de calidad en harinas de líneas experimentales de trigo

F. Vásquez-Lara¹
M. A. Camacho-Casas
M. C. Granados-Nevárez
B. A. Silva-Espinoza
A. R. Islas-Rubio

RESUMEN

Los componentes químicos de las harinas, principalmente las proteínas, determinan el comportamiento reológico y la calidad de las mismas. En los programas de mejoramiento genético del trigo, además de evaluar las características agronómicas y susceptibilidad a enfermedades en este cultivo, es necesario evaluar el potencial de una harina para un determinado uso final. En este trabajo se caracterizaron química y reológicamente 10 harinas de líneas experimentales (LE) de trigo y se realizaron pruebas de panificación para evaluar su potencial panadero. Las mediciones reológicas se realizaron en el mixógrafo y el analizador de textura. Las cantidades relativas de proteínas poliméricas y monoméricas se determinaron de los extractos de buffer-SDS separados en el sistema SE-HPLC. La calidad panadera (volumen de pan) fue evaluada mediante la prueba de panificación de masa directa con 30 g de harina. Sobresalieron 5 harinas de las LE por su mayor proporción de

proteína polimérica y proteína polimérica no extraíble en harina, además de presentar un gluten mejor balanceado y producir pan con volúmenes significativamente mayores (291.03 a 304.26 cm³). La resistencia máxima (151.52 g) fue significativamente mayor en la LE 1075 con respecto al resto de LE. Las LE mostraron diferencias importantes en los parámetros evaluados en sus harinas, las cuales pueden ser utilizadas como base para determinar la conveniencia de mantenerlas en los programas de mejoramiento genético de trigos panaderos.

Palabras clave: mediciones reológicas, líneas experimentales de trigo, proteínas poliméricas.

ABSTRACT

The chemical components mainly proteins, determine the rheological behavior and the quality of the flours. In the wheat genetic improvement programs, besides of the agronomic characteristics

¹ Maestro en Ciencias. Profesor Investigador Asociado B. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, Carretera a la Victoria km. 0.6, Hermosillo, Sonora, México. fvas@ciad.mx

and susceptibility to diseases in this grain, it is necessary to evaluate the potential of flour for a determined end-use. In this work ten flours of experimental wheat were characterized chemically and rheological and baking tests were carried out to evaluate their bread-making potential. The rheological measurements were performed with the mixograph and the texture analyzer. The relative amounts of polymeric and monomeric proteins were determined on extracts of a buffer-SDS in a SE-HPLC system. The baking quality (bread loaf volume) of the flours was evaluated by baking test according to the direct method with 30 g of flour. Five of the flours had a greater proportion of polymeric protein and non extractable polymeric protein in the flour besides of presenting more balanced gluten and producing bread with volume significantly higher (291.03 to 304.26 cm³). The maximum resistance (151.52 g) was significant differences on dough evaluated parameters among the experimental lines were found, which can be used to determine the convenience of maintaining them in bread wheat genetic improvement programs.

Key words: rheological measurements, experimental lines of wheat, polymeric proteins.

INTRODUCCIÓN

Las proteínas son los componentes más importantes de la harina de trigo por la capacidad para formar una masa viscoelástica cuando son mezcladas con agua. Las proteínas de la harina de trigo se clasifican de acuerdo a su solubilidad en cuatro grupos (Bushuk y Wrigley, 1974). Las albúminas, solubles en agua; globulinas, solubles en solución salina; gliadinas, solubles en etanol al 70% y glu-

teninas, parcialmente solubles en ácidos diluidos o álcalis. Las albúminas y globulinas constituyen el 20% del total de la proteína en harina mientras que las gliadinas y gluteninas representan cerca del 80% (Wrigley y Bietz, 1988). Las gliadinas y gluteninas son las proteínas más importantes en la harina de trigo por su contribución a la funcionalidad de la harina en la panificación. Las proteínas poliméricas proporcionan fuerza y elasticidad a la masa de trigo, mientras que las gliadinas monoméricas son responsables de la viscosidad de la masa (Shewry y Col., 1992; Belton, 1999). La cantidad y composición de la proteína de trigo son responsables del potencial de panificación de una harina y de las diferentes calidades de los trigos (Islas y Col., 2005). Este potencial de panificación en las harinas puede diferir ampliamente con la variedad del trigo, debido a diferencias en la estructura de las proteínas del gluten. La distribución del peso molecular de las proteínas puede variar debido a los cambios en la proporción relativa de proteínas monoméricas y poliméricas, y a los cambios en la distribución del tamaño de proteínas poliméricas (Southan y MacRitchie, 1999). El incremento de proteína debido a la fertilización nitrogenada ha sido asociada con cambios en los patrones de distribución de alto y bajo peso molecular de sus proteínas (Ames y Col., 2003).

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición proteica de líneas experimentales de trigo, mediciones reológicas de la masa y volumen de pan, para conocer su calidad panadera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales: Se utilizaron harinas de 10 líneas experimentales de trigo obtenidas del Campo

Experimental Valle del Yaqui del INIFAP en Ciudad Obregón, Sonora, del ciclo 2002-2003.

Análisis de proteína y humedad: La determinación de proteína de las muestras de harina se realizó por el método de combustión 990.03 (AOAC, 1990) y la humedad por el método 44-19 (AACC, 1995).

Mediciones reológicas:

Mixograma. El análisis mixográfico en las harinas se realizó por duplicado utilizando el Mixógrafo National (National Manufacturing, Inc., NJ), de acuerdo al método 54-40A (AACC, 1995), determinando el tiempo óptimo de amasado (TOA).

Fuerza de tensión y extensibilidad de la masa. La determinación de fuerza máxima (g), extensibilidad (mm) y trabajo de deformación (g-mm) se realizó con el analizador de textura TA-XT2 (SMS/Kieffer dough extensibility rig, Stable Micro Systems Ltd, England). Las mediciones anteriores se realizaron por duplicado, con 8 mediciones por repetición a una velocidad de prueba de 3.3 mm/s.

Volumen de pan: La prueba de panificación se realizó con el método 10-10B (AACC, 1995). Se utilizaron 30 g de harina (14 % b. h.), 0.7 g de

levadura, 0.53 g de sal, 2.1 g de azúcar, 1.05 g de manteca vegetal, la cantidad de agua varió con el contenido de proteína de cada harina. El tiempo de fermentación fue de 40 min a 30 °C y 90 % de humedad relativa. El tiempo de horneado fue de 17 min a 215 °C. El volumen de pan se midió por el desplazamiento de la semilla de colza.

La cantidad y composición de la proteína de trigo son responsables del potencial de panificación de una harina y de las diferentes calidades de los trigos (Islas y Col., 2005). Este potencial de panificación en las harinas puede diferir ampliamente con la variedad del trigo, debido a diferencias en la estructura de las proteínas del gluten.

Extracción de proteínas:

Proteína Total. Se pesaron 10 mg de cada harina en tubos Eppendorf para centrífuga; a cada tubo se le agregó 1 mL de SDS-buffer y se agitó en un vortex por 5 min. Después se colocó el tubo en un sonificador (Ultrasonic Converter Serial No. FS1969) y se introdujo el vástago (3 mm de diámetro) 1/3 de la distancia del fondo del tubo. La potencia y el tiempo de sonicación fueron de 6 W y 15 s (Batey y Col., 1991). La muestra fue centrifugada a 12 000 X g por 20 min en una micro centrífuga Eppendorf 5417C. El sobrenadante se calentó a 80 °C por 2 min. Finalmente, las muestras fueron

enfriadas y colocadas en viales para ser analizadas en cromatografía líquida de alta resolución por exclusión de tamaño (SE-HPLC).

Proteína extraíble. La proteína extraíble se cuantificó al coleccionar el sobrenadante una vez que la suspensión de harina en SDS-buffer fue agitada por 5

min (sin sonicación) y centrifugada a 12 000 X g por 20 min, ésta se calentó a 80 °C por 2 min, se enfrió y se colocó en un vial para el análisis en SE-HPLC.

Proteína no extraíble. El precipitado de la extracción sin sonicar se mezcló con 1 mL de SDS-buffer y se continuó de manera similar a la determinación de proteína extraíble, excepto que la potencia y tiempo de sonicación fueron de 14 W y 25 s (Batey y Col., 1991). Después de centrifugar y separar las muestras, éstas fueron colocadas en viales para ser analizadas por SE-HPLC.

Cromatografía líquida de alta resolución por exclusión de tamaño (SE-HPLC): Los extractos proteicos fueron analizados en un sistema Agilent Serie 1100 con inyección automática de 20 µL y fraccionados con una columna BioSep-SEC-S4000 (Phenomenex, Torrence, CA). El solvente de arrastre fue acetonitrilo y agua (1:1) conteniendo 0.05% de ácido trifluoroacético.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza (ANOVA, $P < 0.05$) y se determinaron las diferencias significativas con la prueba de comparación de medias por Tukey con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, Cary, NC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de proteína y humedad: Los contenidos de proteínas variaron de 8.42 a 13.55 % (Tabla I). Los valores de humedad fueron muy semejantes entre las harinas localizándose en un rango de 11.45 a 14.28 %. De las 10 muestras analizadas, cinco de ellas registraron porcentajes de proteínas

Tabla I. Contenido de humedad y proteína de las harinas de líneas experimentales de trigo¹

LE	Humedad (%)	Proteína (%)
970	14.28 ^a	8.82 ^{de}
973	13.25 ^c	9.39 ^c
976	14.25 ^a	8.42 ^e
979	13.62 ^b	9.18 ^{cd}
985	13.62 ^b	8.96 ^{cd}
1000	12.68 ^e	13.55 ^a
1045	12.58 ^e	13.11 ^a
1057	13.02 ^{cd}	12.54 ^b
1063	12.78 ^{de}	12.14 ^b
1075	11.45 ^f	12.15 ^b

¹= Medias con la misma letra no son diferentes significativamente ($p < 0.05$).

LE = Línea experimental.

superiores a 12 %, mientras que el resto alcanzaron valores entre 8 y 10 %. La proteína es el compuesto que más afecta la funcionalidad y calidad de los productos de trigo; esto es debido a que importantes factores como la absorción de agua, el tiempo de amasado y la estabilidad dependen de la cantidad y calidad de la proteína (Kent, 1983).

Mediciones reológicas: Mixógramas. Los tiempos óptimos de amasado (TOA) de las harinas analizadas variaron entre 4.05 y 7.60 min (Tabla II), estos rangos de tiempo de mezclado son considerados como intermedios y prolongados con buena tolerancia al mezclado, desarrollo de buen volumen de pan y de propiedades físicas fuertes (Finney, 1997). Estudios realizados por Islas y Col. (2005) observaron una correlación muy importante entre el TOA y la fuerza y extensibili-

dad de la masa medida a micro-escala. La determinación del TOA con el mixógrafo es muy utilizado por fitomejoradores ya que sólo utiliza de 10 a 35 g de muestra y la duración de la prueba es de 8 min (Serna-Saldívar, 1996).

Tabla II. Parámetros reológicos en las harinas de las líneas experimentales de trigo¹

LE	TOA (min)	Resistencia máxima (g)	Extensibilidad (mm)	Trabajo de deformación (g-mm)
970	6.10 ^{cd}	15.03 ^d	42.28 ^d	778.3 ^d
973	5.30 ^{ef}	27.21 ^{cd}	59.51 ^c	1396.4 ^d
976	6.50 ^{bc}	18.12 ^{cd}	62.09 ^{bc}	900.7 ^d
979	7.60 ^a	25.71 ^{cd}	27.88 ^d	984.8 ^d
985	7.35 ^a	13.71 ^d	62.68 ^{bc}	823.2 ^d
1000	5.80 ^{cde}	62.27 ^b	76.87 ^{ab}	3498.8 ^c
1045	4.60 ^{fg}	79.45 ^b	59.57 ^c	5108.4 ^b
1057	6.90 ^{ab}	33.95 ^c	70.11 ^{abc}	1921.9 ^d
1063	4.05 ^g	62.44 ^b	83.37 ^a	4088.8 ^{bc}
1075	5.45 ^{de}	151.52 ^a	69.07 ^{abc}	8251.4 ^a

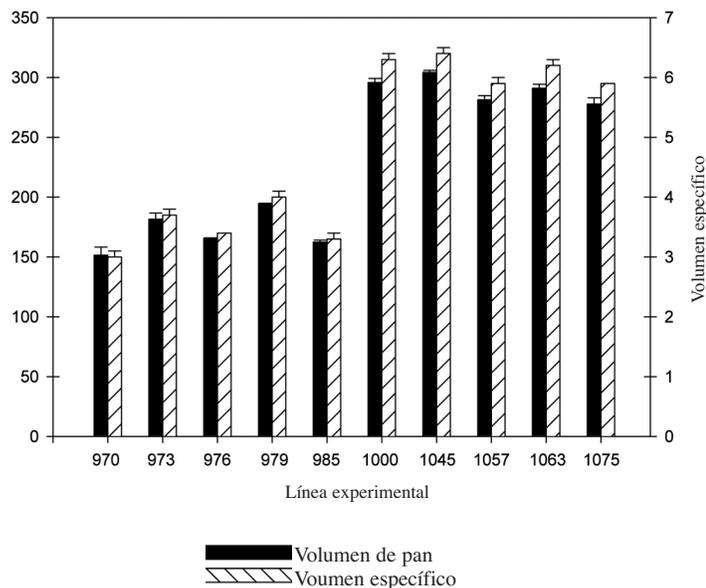
¹= Medias con la misma letra no son diferentes significativamente ($p < 0.05$).

LE = Línea experimental.

Fuerza y extensibilidad de la masa. La Tabla II muestra los valores obtenidos de fuerza, extensibilidad y área bajo la curva (trabajo de deformación) de las masas a los 45 min de reposo de las harinas de las 10 LE. Se observó que la resistencia máxima (Rmax) fue significativamente mayor en la LE 1075, correspondiéndole un valor de 151.52 g, muy superior al obtenido en el resto de las LE. En

lo que respecta a la extensibilidad de la masa las LE 970 y 979 mostraron valores significativamente menores que el resto de las LE. El valor de área o trabajo de deformación fue significativamente mayor en la LE 1075, coincidiendo esta con una Rmax mayor. Lo anterior puede relacionarse con el contenido de proteína, que esta entre los más altos de las LE analizadas, además de la composición de las proteicas poliméricas que determinan las características de fuerza y elasticidad en las masas de harinas de trigo (Shewry y Col., 1992; Belton, 1999). Es generalmente aceptado que las propiedades visco elásticas de las proteínas del gluten son responsables del potencial de panificación de las harinas de trigo (Kieffer y Stein, 1999).

Volumen de pan: El volumen de pan (Fig. 1) varió entre 151.53 y 304.26 cm³, observándose diferencias significativas muy importantes en las 5 últimas LE con respecto al resto. Un comportamiento similar se observó en el volumen específico (Fig. 1), encontrándose valores mayores a 4 en las últimas 5 LE, lo cual es aceptable para éstas LE por la capacidad que mostraron para generar pan con buen volumen. Los valores más altos de volumen de pan (alrededor de 300 cm³) corresponden a las 5 harinas que registraron los contenidos más altos de proteína, así como los valores de Rmax más altos. Sin embargo, el balance que se registró entre la fuerza y extensibilidad en las LE 1000, 1045 y 1063 generó valores más altos de volumen de pan con respecto a las LE 970, 976 y 985 que muestran un desequilibrio muy grande entre los parámetros reológicos mencionados anteriormente. Un alto contenido de proteína y un buen balance del gluten son determinantes de una buena calidad de panificación.

Figura 1. Volumen de pan y volumen específico obtenido de las diferentes harinas de las líneas experimentales de trigo.**Tabla III.** Composición proteica de las harinas de líneas experimentales de trigo¹

LE	PPT (%)	Gliadinas (%)	Alb/Glob (%)	PPNET (%)	PPH (%)	PPNEH (%)
970	37.14 ^{bc}	38.83 ^f	24.02 ^a	32.57 ^f	3.27 ^d	1.07 ^d
973	40.56 ^{ab}	42.01 ^{de}	17.42 ^{cde}	48.27 ^c	3.81 ^{bc}	1.84 ^c
976	41.93 ^a	38.61 ^f	19.69 ^{bc}	45.41 ^{cd}	3.53 ^{cd}	1.60 ^c
979	43.19 ^a	38.74 ^f	18.06 ^{cd}	56.11 ^a	3.97 ^b	2.23 ^b
985	36.10 ^c	40.96 ^e	22.94 ^{ab}	39.03 ^e	3.23 ^d	1.26 ^d
1000	40.80 ^a	46.74 ^a	12.46 ^f	51.97 ^b	5.52 ^a	2.87 ^a
1045	42.29 ^a	43.47 ^{cd}	14.24 ^{def}	47.03 ^{cd}	5.54 ^a	2.61 ^a
1057	42.55 ^a	44.29 ^{bc}	13.14 ^f	53.33 ^{ab}	5.34 ^a	2.84 ^a
1063	42.43 ^a	45.23 ^{ab}	12.34 ^f	44.96 ^d	5.15 ^a	2.31 ^b
1075	42.50 ^a	43.46 ^{cd}	14.04 ^{ef}	51.69 ^b	5.17 ^a	2.67 ^a

¹= Medias con la misma letra no son diferentes significativamente ($p < 0.05$).

LE= Línea experimental, PPT= proteína polimérica total, Alb/Glob= albúminas/globulinas, PPNET= proteína polimérica no extraíble total, PPH= proteína polimérica en la harina, PPNEH= proteína polimérica no extraíble en la harina.

Composición proteica: La composición proteica de las 10 LE se muestra en la Tabla III. La proteína polimérica total (PPT) varió de 36.10 a 43.19%, la de gliadinas de 38.61 a 46.74% y la de albúminas/globulinas de 12.46 a 24.02%, estos resultados muestran un rango amplio de estas fracciones proteicas. En lo que respecta a la proporción de proteína polimérica no extraíble total (PPNET) se obtuvieron valores entre 32.57 y 56.11%, no se observó un comportamiento regular entre los valores obtenidos de PPNET de las diferentes LE, sin embargo, en lo que respecta a la proporción de proteína polimérica de la harina (PPH) se observaron valores significativamente mayores en las últimas 5 LE. Este mismo comportamiento se observó con la proporción de proteína polimérica no extraíble de la harina (PPNEH), con valores que fueron de 1.07 a 2.87% y al igual que la PPH, los valores más altos fueron alcanzados por las últimas 5 LE, además de la LE 979. Es de destacarse que las harinas con valores de PPNEH y PPH superiores a 5 y 2, respectivamente produjeron los panes con mayor volumen, bajo el procedimiento de panificación utilizado. Islas y Col. (2005) reportaron resultados muy similares de PPH y PPNEH, los cuales correlacionaron de manera significativa con el volumen de pan.

CONCLUSIONES

Las masas elaboradas con las LE 1000, 1045 y 1063 presentaron un mejor balance entre su fuerza y extensibilidad.

Las harinas de las LE 1000, 1045, 1057, 1063 y 1075 sobresalieron por los valores significativos

en el contenido de proteína, fracciones proteicas PPNEH y PPH y el volumen de pan mayor.

La metodología utilizada en este trabajo puede ser una herramienta útil para seleccionar líneas experimentales promisorias en programas de mejoramiento genético de trigos panaderos.

REFERENCIAS

- AACC, 1995. Approved Methods of the Association of Cereal Chemists. 9th Ed. The Association, St. Paul, MN.
- Ames, N. P., Clarke, J. M., Dexter, J. E., Woods, S. M., Selles, F. and Marchylo, B. 2003. Effects of Nitrogen Fertilizer on Protein Quantity and Gluten Strength Parameters in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) Cultivars of Variable Gluten Strength. *Cereal Chem.* 80(2):203-211.
- AOAC, 1990. Protein (Crude) in Animal Feed: Combustion Method (990.03) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition.
- Batey, I. L., Gupta, R. B. and MacRitchie, F. 1991. Use of Size-Exclusion High-Performance Liquid Chromatography in the Study of Wheat Flour Proteins: an Improved Chromatographic Procedure. *Cereal Chem.* 68:207-209.
- Belton, P. S. 1999. On the Elasticity of Wheat Gluten. *J. Cereal Sci.* 29:103-107.
- Bushuk, W. and Wrigley, C. W. 1974. In wheat: Production and Utilization (ed. G.E. Inglett) Avi. Publ. Co. Westport, CI, pp 119-145.
- Islas-Rubio, A. R., MacRitchie, F., Gandikota, S y Hou, G. 2005. Relaciones de la Composición Proteínica y Mediciones Reológicas en Masa

- con la Calidad Panadera de Harinas de Trigo. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28(3):243-251.
- Finney, K. F. 1997. Factors Influencing the Mixogram. The Mixogram Handbook First Edition, pp. 19-26.
- Kent, N. L. 1983. Technology of Cereals. Third Edition. Pergamon Press. pp. 53.
- Kieffer, R. and Stein, N. 1999. Demixing in Wheat Doughs-Its Influence on Dough and Gluten Rheology. Cereal Chem. 76(5):688-693.
- SAS Institute Inc. 1990. SAS User's Guide: Statistics 6.04 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Serna-Saldívar, S. R. O. 1996. Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. AGT editor, S.A., México, D.F. pp. 377, 382.
- Shewry, P. R., Halford, N. G. and Tatham, A. S. 1992. High Molecular Weight Subunits of Wheat Glutenin. J. Cereal Sci. 15:105-120.
- Southan, M. and MacRitchie, F. 1999. Molecular Weight Distribution of Wheat Proteins. Cereal Chem. 76(6):827-836.
- Wrigley, C. W. and Bietz, J. A. 1988. Proteins and amino acids, In Wheat Chemistry and Technology. Vol. I. Ed. Y. Pomeranz, AACCC Inc. St. Paul, MN. pp 159-275.