

Calidad de harina y masa de trigo harinero de temporal

Víctor Morales, Eliel Martínez, Dulce Santiago y Gilberto Fajardo

V. Morales, E. Martínez, D. Santiago y G. Fajardo

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez Pue. AV. Universidad Tecnológica N°1000. Col Tierra Negra. Xicotepec de Juárez, Pue. C.P. 73080.

e-mail:victor_morales79@hotmail.com

M.Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

In 2012, Mexico imported 4.1 million tons of milling wheat. An alternative to diminish the importation is producer of wheat rain fall conditions. The objective of this research was to evaluate the quality of flour and dough of bread wheat rain fall conditions, for wish to used 20 wheat varieties that were planted in two locations in the state of Mexico. The results indicated significant differences between locations and genotype. The location of Santa Lucia present 12.2 % of protein contained, 60.4 ml of sedimentation volume, strong dough ($W > 300 \times 10^{-4} J$) and extensible ($PL = 0.9$), whereas Juchitepec indicated 8.8 % protein contained, 42.7 ml sedimentation volume, were medium strong ($W = 205 \times 10^{-4} J$) and dough tenacious ($PL = 2.1$). An other hand, the varieties Bárcenas S2002, Salamanca S75, Maya S2007, Urbina S2007 and Cortázar S94 showed < 10.5 % protein contained, < 46 ml sedimentation volume, $< 200 \times 10^{-4} J$ strength dough, so these varieties are recommended in the preparation of cookies and tortillas. While that the varieties Monarca F2007, Norteña F2007, Triunfo F2004 and Tlaxcala F2000 indicated > 10.6 % protein contained, > 59 ml sedimentation volume, $W > 300 \times 10^{-4} J$ strong dough, are suitable for use in the baking industry.

25 Introducción

Después del maíz y el frijol, el trigo es una de las tres fuentes más importantes de nutrientes de bajo costo en la dieta del mexicano, sobre todo para las poblaciones rurales y urbanas de escasos recursos. Además, tanto el cultivo de trigo como su procesamiento y consumo, generan una importante derrama económica y un gran número de empleos en varios sectores y actividades de la cadena del sistema producto trigo. Es por esto que el trigo como producto básico y su cultivo son de gran relevancia para el desarrollo socioeconómico de México (Peña *et. al.*, 2008).

El trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) y cristalino (*Triticum durum* L.) se cultiva en más de 20 estados de la República Mexicana. Sin embargo, el 80% de la producción se concentra en la zona norte (principalmente en el noroeste) y en Guanajuato, en el ciclo otoño-invierno (O-I) bajo condiciones de riego. El resto se produce, en su mayoría, en regiones del centro y el altiplano central, en el ciclo primavera-verano (P-V) en condiciones de temporal. En año 2012, México consumió 5.4 millones de toneladas (MT) de trigo harinero, mientras que su producción nacional fue de 1.3 MT, de las cuales 0.8 MT fueron de trigos panificables (masa fuerte) y 0.5 MT de trigos galleteros (masa débil), por lo que importó 4.1 MT de los Estados Unidos y Canadá (CANIMOLT, 2012).

Una alternativa para aumentar la producción de trigo harinero panificable en nuestro país, para contribuir a cubrir la demanda de la industria nacional, es incrementar la superficie sembrada bajo condiciones de temporal en zonas donde la siembra de maíz se siniestra debido a las sequías iniciales o heladas tempranas, por lo que el trigo sería una alternativa debido a su menor ciclo de cultivo (Vázquez *et. al.*, 2012).

La producción de trigo de temporal en nuestro país ascendió en 2012 a 180, 966 ton, siendo los principales estados productores Tlaxcala y Edo. de México con 104, 299 y 27 876 ton, respectivamente, lo que representó el 73% de la producción nacional. En el caso específico del Edo. de México para este mismo año se produjeron 27, 876 ton en una superficie de 9, 676 ha, siendo los municipios de Juchitepec e Ixtapaluca los que mayor producción aportaron con 9,292 y 5,800 ton, respectivamente. Adicionalmente Juchitepec presentó el rendimiento promedio mayor en todo el estado con $3.5 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2014).

Una ventaja de estados como Tlaxcala, Edo de México, Puebla e Hidalgo es su cercanía a los principales centros de molienda y consumo, como lo son el Distrito Federal y Estado de México quienes demandan más del 60% del grano que se muele en nuestro país, por lo que su producción pueden ser una opción más para el molinero (CANIMOLT, 2012).

La productividad y la calidad industrial del trigo están controladas principalmente por las características genéticas de la variedad que se cultiva. Sin embargo, estas características son parcialmente modificadas positiva y negativamente por el manejo agronómico (la disponibilidad de nutrientes en el suelo, la fertilización nitrogenada, las flechas de siembra, el control de plagas y enfermedades) y por las condiciones climatológicas que prevalecen durante el ciclo de cultivo (la temperatura ambiental, el fotoperiodo [horas de luz natural] y la disponibilidad de agua). Los criterios de calidad de harinas y sémolas para usos diversos se establecen en base en las propiedades físicas (granulometría, absorción de agua y otras), químicas (cantidad y calidad de proteína) y de procesamiento (tolerancia de la masa al sobre amasado, fuerza y extensibilidad de masa así como volumen de pan), las cuales se determinan principalmente en función de la composición del grano de trigo (Ackroyd *et.al.*, 2014).

Las variedades de trigo que se siembran en las diferentes regiones productoras de México son el resultado de muchos años de investigación por parte del INIFAP y otros centros de investigación. Dentro de los criterios de selección que estas instituciones aplican, la calidad constituye un componente muy importante, al grado de que, al no contener las características de calidad que requiere la industria harinera, muchas líneas experimentales de alto potencial de rendimiento no llegan a convertirse en variedades. Este hecho muestra que en teoría todas las variedades que se siembran en México deben cumplir con los estándares de calidad que para el propósito se exigen. Uno de los argumentos de los industriales en contra de la producción del trigo harinero de temporal es que no reúne las características de calidad demandada por la industria nacional. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de harina y la reológica de masas obtenidas de variedades de trigo harinero de reciente liberación, cosechadas bajo condiciones de temporal.

25.1 Materiales y métodos

El trabajo de evaluación se realizó en el laboratorio de Farinología del Campo Experimental del Valle de México (CEVAMEX), se encuentra ubicado en Km 13.5 carretera Los Reyes – Texcoco, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México.

El material experimental fue obtenido del ciclo de producción primavera-verano 2012. Las 20 variedades seleccionadas fueron obtenidas del campo experimental de Roque- Celaya, Guanajuato (Tabla 25), de las cuales 12 genotipos se recomiendan para su siembra en temporal y 8 para riego.

Tabla 25. Variedades de riego y de temporal utilizadas.

No/PARC	R*	T*	G1*	G2*	G3*	G4*
1.Temporalera(M87)		X		X		
2. Gálvez (M87)		X		X		
3.Salamanca (S86)	X				x	
4.Cortazar(S96)	X				x	
5.Batan (F96)		X		X		
6.Barceñas (S2000)	X				x	
7.Tlaxcala(F2000)		X		X		
8.Nahuatl(F2000)		X		X		
9.Rebeca(F2000)		X		X		
10.Triunfo(F2004)		X		X		
11.Josecha(F2007)	X				X	
12.Monarca(F2007)	X				X	
13.Norteña(F2007)	X				X	
14.Maya (S2007)	X				X	
15.Urbina (S2007)	X				X	
16.Nana(F2007)		X		X		
17.Altiplano(F2007)		X		X		
18.Chicolote("S")		X		X		
19.Don calos		X		X		
20.Sta, lucia		X		X		

Las variedades se produjeron en las localidades de Juchitepec y Santa Lucía en el Estado de México.

El diseño experimental corresponde a las dos localidades como bloques completos y las variedades como tratamientos con tres repeticiones por cada variable respuesta. Las variables respuesta de calidad de la masa evaluadas fueron: volumen de sedimentación (ml), proteína en harina (%), tiempo de amasado (min), estabilidad al amasado (min), tolerancia al sobreamasado (mm), altura del mixograma (mm), fuerza de la masa ($W \times 10^{-4} J$) y la relación tenacidad-extensibilidad (PL).

La determinación de Proteína en harina se realizó por el método de espectrofotometría de infrarrojo cercano, mediante el equipo automatizado FOSS NIR System (AACC Método 39-10). La prueba de sedimentación se realizó mediante el método de Zeleni (AACC Método 56-61). La evaluación reológica de las masas se determinó mediante el uso del alveografo de Chopin utilizando el software Alveolink NG (AACC Método 54-30) y el mixografo (AACC Método 54-40).

El proceso estadístico se realizó utilizando el software SAS versión 9.1, aplicando el análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método de tukey a $\alpha=0.05$ para identificar las diferencias entre localidades y variedades (SAS, 2002).

25.2 Resultados y discusión

En la Tabla 25.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza. Se encontraron diferencias significativas para volumen de sedimentación, proteína en harina, tiempo de amasado, fuerza de la masa y la relación tenacidad-extensibilidad entre localidades y genotipo. Adicionalmente entre localidades hubo diferencias significativas para altura del mixograma. Mismo comportamiento se observó entre genotipos donde no se encontraron diferencias significativas para estabilidad al amasado, tolerancia al sobreamasado y adicionalmente para altura del mixograma. Lo anterior indica que la expresión final de dichas características de la masa son definidas por el genotipo y por el ambiente. Lo anterior concuerda con lo reportado por Hortelano *et al.* (2013); Vásquez *et al.* (2012).

Tabla 25.1 Cuadrados medios del análisis de varianza de variables calidad de la masa de trigo harinero. P-V, 2012.

FV	GL	VS	PH	TA	EA	TSA	ALM	W	PL
Localidad (L)	1	6230.4 **	237.0**	1.2**	0.053ns	0.01ns	2899.2**	513344.4**	27.9**
REP(LOC)	2	49	4.8	0.36	0.44	2.67	15.6	687.6	0.36
Genotipo (G)	19	255.5**	0.75*	0.32*	0.46ns	1.37ns	43.4	45488.3*	1.1**
L*G	19	65.47*	1.2**	0.23	0.31ns	0.75ns	39.2	7381.5**	0.39**
Error	38	28.3	0.3	0.16	0.29	10.5	25.6	1672.3	0.15
Total	79								
Media		51.5	10.5	2.3	2.4	8.8	59.9	314.6	1.4
CV		10.3	5.4	17	22.5	36.7	8.4	12.9	26.3

La localidad de Santa Lucia superó a Juchitepec para las variables de proteína en harina y volumen de sedimentación, lo anterior concuerda con lo reportado por Hruskova y Famera, (2003), quienes asociaron contenidos altos de proteína en harina con volúmenes altos de sedimentación.

Para el caso de las variables de amasado, tiempo, estabilidad y tolerancia, no hubo diferencia significativa entre las localidades analizadas, sin embargo, para altura de mixograma Santa Lucia superó a Juchitepec, debido a que dicha variable se asocia positivamente con mayor porcentaje de proteína en la harina. Por otro lado, con base en su W y PL, Santa Lucia se clasificó como de masa fuerte ($W = 406.5 \times 10^{-4} J$) con mayor extensibilidad ($PL=0.9$), mientras que Juchitepec se caracterizó por presentar masa de fuerza media ($205.9 \times 10^{-4} J$) y tenaz por su $PL= 2.1$.

Tabla 25.2 Comparación de medias entre localidades de temporal de variables de calidad de la masa. P-V, 2012.

Variable/localidad	Santa Lucia	Juchitepec
Proteína en harina (%)	12.2 a	8.8 b
Volumen de sedimentación (ml)	60.4 a	42.7 b
Tiempo de amasado (min)	2.4 a	2.2 a
Estabilidad al amasado (min)	2.4 a	2.3 a
Tolerancia al sobreamasado (mm)	8.8 a	8.8 a
Altura del mixograma (mm)	66.0 a	53.7 b
Fuerza de la masa	406.5 a	205.9 b
Relación tenacidad-extensibilidad	0.9 a	1.1b

El contenido de proteína en harina vario de 9.7% en Rebeca F2000 a 11.1% en Náhuatl F2000. Las variedades Bárcenas S2002, Santa Lucia, Maya S2007, Salamanca S75, Cortazar S94 y Urbina S2007 muestran contenidos de proteína menores de 10.5%, característico de harinas para galleta. Las variedades Náhuatl F2000, Norteña F2007, Tlaxcala F2000, Monarca F2007 presentan contenido de proteína mayores de 10.6%, Cuadro 3.

Los valores para volumen de sedimentación variaron de 35.0 ml en Urbina S2007 a 62.0 ml en Triunfo F2004. De manera general, se observa que las variedades recomendadas para la elaboración de galleta como Maya S2007, Salamanca S75, Cortazar S94 y Urbina S2007, se asocian a menores valores sedimentación, <46 ml, contrario a las variedades panaderas como Triunfo F2004, Náhuatl F2000 y Norteña F2007 que muestran volúmenes mayores a 59 ml.

Tabla 25.3 Comparación de medias entre variedades para volumen de sedimentación (VS) y proteína en harina (PH). P-V, 2012.

variedad	vs (ml)	ph (%)
triunfo f2004	62.0 a [†]	10.8 a
náhuatl f2000	61.5 a	11.1 a
norteña f2007	60.7 a	11.0 a
tlaxcala f2000	59.2 ab	10.8 a
monarca f2007	59.0 ab	10.6 ab
rebeca f2000	56.2 abc	9.70 c
temporalera m87	55.7 abc	10.5 ab
josecha f2007	54.7 abcd	10.1 b
altiplano f2007	53.7 abcd	11.2 a
batan f96	53.5 abcd	10.2 b
chicalote	53.0 abcd	10.7 ab
gálvez m87	52.2 abcd	11.0 a
don carlos	51.5 abcd	10.9 ab
nana f2007	51.2 abcde	10.2 b
bárcenas s2002	46.2 abcde	10.6 ab
santa lucia	44.5 cdef	10.4 b
maya s2007	43.5 cdef	10.1 b
salamanca s75	40.7 def	10.1 b
cortazar s94	37.0 ef	10.3 b
urbina s20074	35.0 f	10.3 b

El tiempo de amasado varió de 1.8 a 2.9 min, para las variedades Maya S2007 a Tlaxcala F2000, respectivamente. Por otro lado, de manera general las variedades recomendadas para panificación presentaron tiempos de amasado de 2.2 a 2.9 min, mientras que las variedades galleteras se asociaron a tiempos de amasado menores a 2.2 min, Cuadro 4. Lo anterior concuerda con Wikstrom y Bohlin (1996) quienes reportaron que mayores tiempos de amasado se asociaron con buena calidad panadera.

Tabla 25.4 Comparación de medias entre variedades para variables de amasado. P-V, 2012.

variedad	ta (min)	ea (min)	tsa (mm)	al (mm)
tlaxcala f2000	2.9 a [†]	2.9 a	7.5 a	61.0 a
náhuatl f2000	2.8 ab	3.0 a	7.0 a	63.0 a
rebeca f2000	2.7 ab	2.6 a	7.5 a	64.7 a
josecha f2007	2.6 ab	2.7 a	7.2 a	60.0 a
altiplano f2007	2.5 ab	2.4 a	7.5 a	57.7 a
monarca f2007	2.5 ab	2.5 a	10.0 a	61.2 a
triumfo f2004	2.4 ab	2.7 a	6.5 a	65.0 a
batán f96	2.4 ab	2.4 a	6.0 a	56.2 a
temporalera m87	2.3 ab	2.9 a	6.7 a	59.2 a
gálvez m87	2.3 ab	2.5 a	8.5 a	54.2 a
barcenass2002	2.3 ab	2.6 a	8.2 a	60.2 a
santa lucia	2.2 ab	2.2 a	12.0 a	65.7 a
nana f2007	2.2 ab	2.2 a	8.7 a	56.7 a
chicalote	2.1 ab	2.2 a	10.0 a	62.2 a
urbina s2007	2.1 ab	2.2 a	10.7 a	58.2 a
salamanca s75	2.1 ab	2.1 a	8.7 a	56.2 a
norteña f2007	2.0 ab	1.8 a	12.7 a	62.7 a
cortazar s94	2.0 ab	1.9 a	10.3 a	57.0 a
don carlos	1.9 ab	2.1 a	10.2 a	60.2 a
maya s2007	1.8 b	1.8 a	11.0 a	56.2 a

La fuerza de la masa vario de 118 a 535 $\times 10^{-4}$ J, dichos valores correspondieron a la variedades Cortazar S94 y Monarca F2007, cuadro 5. Por otro las variedades Bárcenas S2002, Salamanca S75, Maya S2007, Urbina S2007 y Cortázar S94 se caracterizaron por presentar valores de fuerza de la masa menores a 200×10^{-4} J por lo que dichas variedades se recomiendan en la elaboración de galletas y tortillas, además que pueden ser usadas en mezclas con harinas de masas fuertes-tenaces. En este mismo cuadro se observa que el resto de las variedades se clasificaron como de masa medio fuerte a fuerte, por sus W mayores a 200, estas variedades de mayor fuerza son apropiadas para su uso en la industria de la panificación. Lo anterior concuerda con Neacsu *et al.* (2009) quienes asociaron masa fuerte con mayor volumen de pan. El rango de PL fue de 2.4 en Josecha F2007 a 0.5 en Gálvez M87. Valores de PL > 1.2 se clasifican como masas tenaces, por lo que, la mayoría de las variedades fuertes se asociaron a este tipo de masas. Mientras que las variedades de masas débiles como: Bárcenas S2002, Salamanca S75, Maya S2007, Urbina S2007 y Cortázar S94 mostraron valores de PL < 1.2, las cuales se clasificaron como masas extensibles.

Tabla 24.5 Comparación de medias entre variedades para fuerza (W) y la relación tenacidad-extensibilidad (PL) de la masa. P-V, 2012.

variedad	w (x10 ⁻⁴ j)	pl (0.1-6.0)
monarca f2007	535.0 a [†]	1.8 abcd
norteña f2007	513.0 ab	1.6 abcde
náhuatl f2000	484.0 abc	1.6 abcde
triunfa f2004	473.0 abcd	1.9 abc
rebeca f2000	471.0 abcd	1.4 abcde
tlaxcala f2000	422.6 abecda	1.8 abc
temporera m87	402.0 bcde	1.6 abcde
altiplano f2007	399.5 bcde	1.8 abc
josecha f2007	378.0 cdef	2.4 a
bátan f96	359.7 defg	2.0 ab
chicalote	303.5 efgh	1.6 abcde
nana f2007	301.5 efgh	1.7 abcd
don carlos	299.7 efgh	1.4 abcde
gálvez m87	255.0 fg hi	0.5 e
santa lucia	240.2 ghij	2.0 abc
bárcenas s2002	185.5 hij	0.9 bcde
salamanca s75	180.7 hij	0.8 cde
maya s2007	163.7 ij	1.0 bcde
urbina s2007	136.7 ij	0.6 de
cortázar s94	118.7 j	1.0 bcde

25.3 Conclusiones

Las variedades cosechadas en ambientes de temporal del estado de México mostraron variables de calidad de la masa apropiadas para su uso en la industria galletera o de panificación.

La localidad de Santa Lucia favoreció el contenido de proteína así como la fuerza y extensibilidad de la masa, mientras que Juchitepec se asoció con mayor tenacidad de la masa.

Mediante la evaluación de la fuerza de la masa y la relación tenacidad extensibilidad es posible identificar las localidades y variedades que favorecen o disminuyen estas características, información útil para el industrial para clasificar la calidad de la cosecha.

25.4 Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT-COFUPRO. Proyecto No. 146788.

La Estancia de Investigación se realizó en el Laboratorio del Farinología del CEVAMEX-INIFAP.

La Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez Puebla apoyo la estancia de investigación mediante el programa de movilidad docente con recurso de PIFI.

25.5 Referencias

- American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th ed. The Association: St. Paul, MN.
- Aykroyd W. R., Doughty Joyce, (1978). El trigo en la alimentación humana. Fao Inter-Departmental Working Group. Pág. 4-7.
- Bloksma, A. H., and Bushuk, W. (1988). Rheology and chemistry of dough. In: Wheat: Chemistry and Technology. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN. Pages 131-217.
- CANIMOLT (2012). Reporte Estadístico al 2012. Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo, México.
- Hortelano S R R; Villaseñor Mir H E; Martínez C E; Rodríguez G M F; Espitia R E; Mariscal A L A. (2013). Estabilidad de variedades de trigo recomendadas para siembras de temporal en los Valles Altos de la Mesa Central. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4(5): 713-725.
- Hruskova M. and Famera O. (2003). Prediction of wheat and flour Zeleny sedimentation value using NIR technique. Czech J. Food Sci. 21: 91-96.
- Neacsu, A., Stanciu, G. and Săulescu, N.N. 2009. Most suitable mixing parameters for use in breeding bread wheat for processing quality. Cereal Research Communications 37: 83-92.
- Peña Bautista, R.J., Pérez Herrera, P., Villaseñor Mir, E., Gómez Valdez, M.M., Mendoza Lozano, M.A. (2008). Calidad de la cosecha de trigo en México. Ciclo primavera-verano 2007. MEXICO D.F. Pág. 1-5.
- SAS Institute (2002). SAS/STAT User's Guide: GLM VARCOMP. 6.04. Fourth edition Cary, NC, USA. pp: 891-996.
- SIAP (2014). Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de la red. www.siap.gob.mx. Marzo 2014.
- Vázquez D., Berger A. G., Cuniberti M., Bainotti C., Zavariz de Miranda M., Scheeren P. L., Jobet C., Zúñiga J., Cabrera G., Verges R., y Peña R. J. (2012). Influence of cultivar and environment on quality of Latin American wheats. Journal of Cereal Science 56 (2012) 196-203.
- Wikstrom K. and Bohlin L. (1996). Multivariate analysis as a tool to predict bread volume from mixogram parameters. Cereal Chem. 73(6): 686-690.