

Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales

Introducción

Por muchos años el pan ha sido uno de los principales constituyentes de la dieta humana, elaborar pan de masas fermentadas con levaduras es uno de los procesos biotecnológicos más antiguos. El trigo es por mucho el cereal más importante en la elaboración de pan, aunque en algunas partes del mundo el uso de centeno es bastante considerable, otros cereales son usados en menor medida (Goesaert et al 2005).

El proceso de elaboración de pan se divide en tres etapas principalmente: mezclado, fermentado y horneado. Durante todas las etapas de elaboración de pan, ocurren cambios químicos, bioquímicos y transformaciones físicas, las cuales son afectadas por los diversos constituyentes de la harina.

Unos de los componentes que tecnológicamente son importantes y que determinan la calidad del producto terminado son las proteínas, principalmente las proteínas que integran el gluten (gliadinas y gluteninas).

Es importante conocer este tipo de proteínas así como sus propiedades funcionales, para determinar el uso que se les puede dar ya sea para la elaboración de pan o para la elaboración de otros productos a base de trigo (pastas, galletas, etc.).

Este trabajo describe las proteínas presentes en la harina de trigo y los métodos usados comúnmente para determinar sus propiedades funcionales.

1. Harina de trigo

La harina de trigo es el principal ingrediente para la elaboración de pan, sus componentes

son: almidón (70 – 75 %), agua (14 %) y proteínas (10 - 12 %), además de polisacáridos no del almidón (2 - 3%) particularmente arabinosanos y lípidos (2%). La tabla número 1, presenta los porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo.

Componente	Porcentaje (%)
Almidón	70 – 75
Proteínas	10 – 12
Polisacáridos no del almidón	2 – 3
Lípidos	2

TABLA 1. PORCENTAJE DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA HARINA DE TRIGO.

2. Proteínas de la Harina de Trigo

2.1 Clasificación:

Las proteínas de la harina de trigo pueden clasificarse con base en: 1. Solubilidad y 2. Funcionalidad

2.2 Con base en su solubilidad

Esta clasificación fue desarrollada por Osborne (1924) y consiste en una serie de extracciones consecutivas con: agua, solución de sal diluida, solución de alcohol y solución de ácidos o álcalis diluidos. Usando esta secuencia de separación, las proteínas se pueden clasificar en albúminas, globulinas, gliadinas y gluteninas respectivamente. La tabla 2, muestra las proteínas presentes en las diferentes fracciones, además su papel biológico y funcional (Goesaert et al 2005).

Fración Osborne	Comportamiento en Solubilidad	Composición	Papel biológico	Papel funcional
Albúminas	Extraíbles en agua	Proteínas no del gluten (principalmente monoméricas)	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable
Globulinas	Extraíbles en sales diluidas	Proteínas no del gluten (principalmente monoméricas)	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable
Gliadinas	Extraíbles en soluciones de alcohol	Proteínas del gluten (principalmente gliadinas monoméricas y polímeros de glutenina de bajo peso molecular)	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Viscosidad a la masa/ extensibilidad
Gluteninas	Extraíbles en ácido acético diluido	Proteínas del gluten (principalmente polímeros de glutenina de alto peso molecular)	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Elasticidad a la masa/ tenacidad
Residuo	Sin extraer	Proteínas del gluten (polímeros de alto peso molecular) y proteínas no del gluten poliméricas (triticinas)	Proteínas de almacenamiento de la semilla, tipo prolamina (gluten) y tipo globulinas (triticinas)	Variable

TABLA 2. PROTEÍNAS PRESENTES EN LAS FRACCIONES DE OSBORNE.

Una fracción importante de proteínas se excluye de las fracciones de Osborne por que no son extraíbles con ninguno de los disolventes utilizados.

Las fracciones de Osborne no proporcionan una clara separación entre las proteínas para poder diferenciarlas bioquímicamente, genéticamente o en funcionalidad durante la elaboración de pan.

Actualmente los nombres gliadinas y gluteninas son generalmente usados para indicar la relación bioquímica/funcionalidad de las proteínas en lugar de la exclusiva solubilidad de la fracción de Osborne.

El fraccionamiento de Osborne se usa todavía extensamente en estudios que relacionan la composición de proteínas con su funcionalidad, en la elaboración de pan. Además, debido a que este método de separación es relativamente simple, a menudo es muy usado como una etapa de separación inicial para obtener fracciones semipuras de proteína (Goesaert et al 2005).

2.3 Con base en su funcionalidad

Desde el punto de vista de la funcionalidad de las proteínas, se pueden distinguir dos grupos de proteínas de trigo. Proteínas pertenecientes al gluten con un desempeño muy importante en la elaboración del pan y proteínas no pertenecientes al gluten, con un desempeño secundario en la elaboración del pan.

Las proteínas no pertenecientes al gluten representan entre un 15–20 % del total de las proteína del trigo, principalmente se encuentran en las capas externas del grano de trigo y en bajas concentraciones en el endospermo.

Estas proteínas son extraídas en soluciones de sales diluidas y por lo tanto se encuentran en las fracciones de Osborne de albúminas y globulinas. En su mayor parte son proteínas monoméricas, estructurales o fisiológicamente activas (enzimas). No obstante a estas proteínas también pertenecen un grupo secundario de proteínas poliméricas de almacenamiento, llamadas triticinas, que pertenecen a la clase globulinas de las proteínas de almacenamiento de la semilla. Están relacionadas con la mayoría de las proteínas de almacenamiento de legumbres y en otros cereales, como la avena y el arroz. (Shewry y Halford, 2002; Shewry, Napier, y Tatham, 1995). Estas proteínas se han encontrado en el residuo que queda después del fraccionamiento de Osborne. Su papel en la formación de pan no está muy claro (Veraverbeke y Delcour, 2002).

Las proteínas del gluten representan entre un 80–85 % del total de las proteínas del trigo, representan la mayor parte de las proteínas de almacenamiento. Pertenecen a la clase de prolaminas. (Shewry y Halford, 2002; Shewry, Napier, y Tatham, 1995). 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. Las proteínas de gluten son en gran parte insolubles en agua o en soluciones de sales diluidas. Pueden distinguirse dos grupos funcionalmente distintos de proteínas de gluten: gliadinas que son monoméricas y gluteninas que son poliméricas y estas últimas se subclasifican en extraíbles y

Clasificación de acuerdo a su funcionalidad	Ubicación en el grano	% en la harina de trigo	Proteínas monoméricas	Proteínas poliméricas
Proteínas no pertenecientes al gluten	Principalmente en las capas externas del grano de trigo, y muy bajas concentraciones en el endospermo	15-20 %	Albúminas Globulinas	Triticinas
Proteínas pertenecientes al gluten	En el endospermo del grano de trigo	80-85 %	Gliadinas	Gluteninas

TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS DE LA HARINA DEL TRIGO CON BASE EN SU FUNCIONALIDAD.

no extraíbles. La tabla 3, muestra la clasificación de las proteínas con base en su funcionalidad.

Las gliadinas y gluteninas se encuentran normalmente en una relación 50/50 en el trigo.

Las gliadinas representan un grupo sumamente polimórfico de proteínas monoméricas del gluten con pesos moleculares que varían entre 30,000 y 80,000. Bioquímicamente se han identificado tres tipos (α , γ y ω) (Shewry et al 1986; Veraverbeke y Delcour 2002). Estas son fácilmente solubles en soluciones de alcohol en agua y son por lo tanto los principales componentes en la fracción de gliadinas de Osborne (ver tabla 2).

Por otra parte, las gluteninas son una mezcla heterogénea de polímeros con pesos moleculares que varían desde aproximadamente 80,000 hasta varios millones de kDa. Las gluteninas están entre las proteínas más grandes encontradas en la naturaleza (Wriley,1996). El verdadero tamaño de las proteínas poliméricas más grandes no ha sido determinado con precisión por su enorme tamaño. Mientras que aquellas gluteninas de tamaño relativamente pequeño, son solubles en soluciones de alcohol al igual que las gliadinas y ello ha permitido conocer su peso molecular.

Una gran parte es soluble en ácidos diluidos (Ver tabla 1). Sin embargo una parte importante no puede ser solubilizada sin cambiar su estructura. Esta importante insolubilidad de las gluteninas explica por que a pesar de los esfuerzos significativos, de ya más de un siglo, se ha encontrado poca información sobre la estructura de las gluteninas.

Las gluteninas están constituidas por subunidades que están unidas a través de enlaces disulfuro. Estas subunidades de gluteninas pueden

liberarse reduciendo enlaces disulfuro con agentes tales como el b-mercaptoetanol o ditiotreitól. Las subunidades de glutenina están bioquímicamente relacionadas con las gliadinas y son solubles en soluciones de alcohol en agua.

Cuatro diferentes grupos de subunidades de gluteninas pueden ser distinguidos : subunidades de glutenina de alto peso molecular que van entre 65,000 y 90,000 kDa. Subunidades de bajo peso molecular tipos B, C y D. Con pesos moleculares entre 30,000 y 60,000.

La tabla 4, muestra la clasificación de las proteínas del gluten: gliadinas y globulinas, con base en sus pesos moleculares.

Proteínas del gluten	Rango pesos moleculares	Subunidades de gluteninas extraíbles	Tipos
Gliadinas	30,000-80 000		α γ ω
Gluteninas	80,000-varios millones	Alto peso molecular	B C D
		Bajo peso molecular	

TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS DEL GLUTEN, GLIADINAS Y GLOBULINAS, CON BASE EN SUS PESOS MOLECULARES.

Por otro lado, las proteínas del gluten también se pueden clasificar en: ricas en azufre, pobres en azufre (Shewry et al 1985).

Las α y γ gliadinas y las subunidades de glutenina de bajo peso molecular (tipos B y C) forman el primer grupo (ricas en azufre).

Las gliadinas tipo ω y las subunidades de glutenina de bajo peso molecular tipo D forman el segundo tipo (pobres en azufre). (Shewry et al 1985, Shewry et al 1997). La tabla 5, muestra la clasificación de las gluteninas con base al contenido de azufre.

	Gliadinas	Subunidades de glutenina
Ricas en azufre	α γ	B C
Pobres en azufre	ω	D

TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE LAS GLUTENINAS CON BASE AL CONTENIDO DE AZUFRE.

Las proteínas que contienen cisteína con el grupo tiol disponible, representan aproximadamente sólo el 5% y son capaces de formar agregados de alto peso molecular unidos por enlaces disulfuro intermoleculares. Estas cisteínas tienen un papel clave en la funcionalidad de la masa. En tanto que aproximadamente el 95 % de los residuos de cisteína de los componentes de la proteína del gluten se encuentran en forma de disulfuro en la harina recién preparada (Shewry et al 1997, Grosh et al 1999). El grupo tiol puede catalizar reacciones de intercambio tiol-disulfuro durante el mezclado de la masa.

En la red de gluten, la elasticidad esta determinada por los enlaces disulfuro intermoleculares entre las gluteninas, mientras que la viscosidad esta determinada por la fracción monomérica de gliadinas, teniendo solamente enlaces disulfuro intramoleculares. El número y cantidad de subunidades de glutenina de bajo peso molecular (tipo B y C) están significativamente relacionadas con la extensibilidad de la masa (Andrews et al 1996).

3. Propiedades funcionales de las proteínas de la harina de trigo

Las proteínas de la harina de trigo, específicamente las proteínas del gluten le confieren a la masa una funcionalidad única que la diferencia del resto de las harinas de otros cereales, la masa de harina de trigo

se comporta desde el punto de vista reológico como un fluido viscoelástico, esta propiedad hace que la masa sea elástica y extensible.

En la etapa de mezclado se desarrolla la malla de gluten, los cambios reológicos que ocurren en esta etapa son monitoreados por medio de un reómetro llamado farinógrafo.

Con el alveógrafo y el extensógrafo se realizan otras pruebas reológicas a la masa.

Los ensayos reológicos son muy empleados en la industria, ya que de los resultados que se obtienen, permiten clasificar a las harinas de trigo en tres grupos principalmente: para panificación, para la elaboración de pastas y para la elaboración de galletas.

Dada la importancia que se tiene por conocer las propiedades reológicas de la harina de trigo, se describe la información que se obtiene de los reómetros.

3.1 Farinógrafo

Con este equipo se pueden visualizar las tres etapas del proceso de mezclado: 1. Hidratación de los componentes de la harina, 2. Desarrollo del gluten y 3. Colapsamiento de la masa, con respecto al tiempo (figura 1b) Oliver y Allen 1992. De esta manera podemos saber el tiempo de trabajo mecánico que se le puede aplicar a la masa hasta antes de colapsar su malla de gluten. También nos permite saber el porcentaje de agua que se requiere para alcanzar una consistencia de 500 UB (Unidades Brabender). La figura 1 muestra un farinógrafo Brabender y un farinograma típico.

La figura 2 muestra tres farinogramas con comportamientos diferentes, estos comportamientos están en función del contenido y calidad de su proteína, se observa que una harina con baja proteína y calidad pobre

A



B

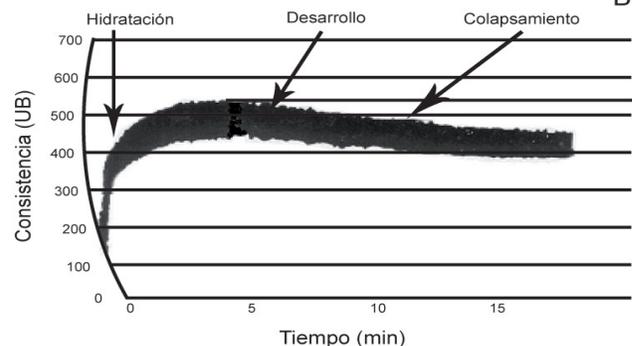


FIGURA 1. A. FARINÓGRAFO BRABENDER Y B. FARINOGRAMA

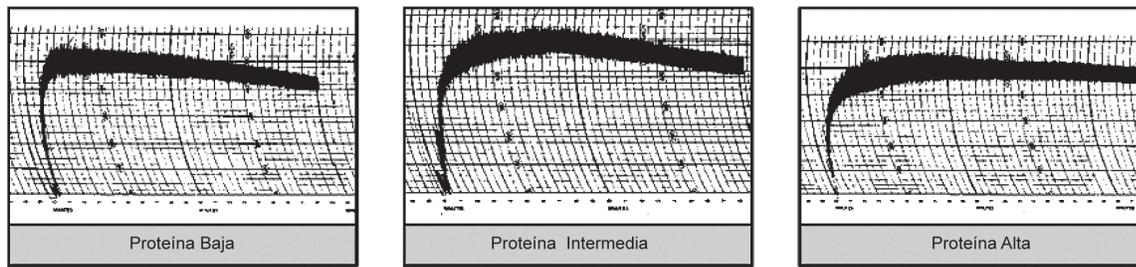


FIGURA 2. COMPARATIVO EN EL TIEMPO DE RESISTENCIA AL MEZCLADO DE TRES HARINAS CON PROTEÍNAS DE CALIDADES DIFERENTES

presenta un tiempo de resistencia al mezclado menor que una harina con alta proteína y calidad buena.

3.2 Alveógrafo

Con este equipo se evalúa la capacidad que tiene el gluten para resistir un determinado trabajo mecánico. Esto se mide mediante la inyección de aire a una muestra de forma circular. Dicha muestra comienza a expandirse hasta que la presión interna es mayor y revienta la masa, en ese momento la curva del alveograma cae, la información que se obtiene es el trabajo de deformación (W) de la masa hasta la ruptura del alveolo, en el alveograma representa el área bajo la curva.

También se obtienen otros parámetros como: Tenacidad (P), la cual mide la resistencia a la deformación de la masa, esta propiedad la confieren principalmente las gluteninas, en el alveograma se mide en el eje de la ordenadas.

Extensibilidad (L), la cual mide la viscosidad de la masa debida principalmente a las gliadinas, en el alveograma se mide en el eje de las abscisas.

Índice de hinchamiento (G) nos da un valor proporcional a la extensibilidad. Este parámetro se utiliza para determinar el Índice de equilibrio P/G el cual, da la proporción de gliadinas y gluteninas.

Con la información que se obtiene de los alveogramas se pueden clasificar a las harinas en tres grupos, como se muestra en las tablas 6 y 7. La tabla 8, muestra los usos de la harina de trigo con base a la clasificación de las tablas 6 y 7.

Las harinas que presentan una mayor proporción de gluteninas son más fuertes y tenaces, mientras que las harinas que presentan una mayor proporción de gliadinas son más viscosas y extensibles, las harinas con una relación balanceada de gliadinas y

Harina con gluten		
Fuerte	Medio	Débil
W > 300	300 > W > 200	W < 200

TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE LA HARINA DE TRIGO DE ACUERDO A SU FUERZA (W, X 10 -4 JOULES)

Harina con gluten		
Tenaz	Balanceado	Extensible
P/G > 6	6 > P/G > 4	P/G < 4

TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE LA HARINA DE TRIGO DE ACUERDO A SU ÍNDICE DE EQUILIBRIO.

Fuerza	Índice equilibrio	Uso
300 > W > 200	6 > P/G > 4	Panadería
W < 200	P/G < 4	Galletas
W > 300	> 6	Pastas

TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE LA HARINA DE TRIGO DE ACUERDO A SU FUERZA E ÍNDICE DE EQUILIBRIO

gluteninas presentan una fuerza media y son utilizadas para panadería, las harinas que presentan una mayor proporción de gluteninas se utilizan para elaborar pastas y las harinas que presentan una mayor proporción de gliadinas se utilizan para elaborar galletas. Como se observa en los alveogramas de la figura 3 donde se muestra un alveógrafo Chopin y alveogramas típicos.

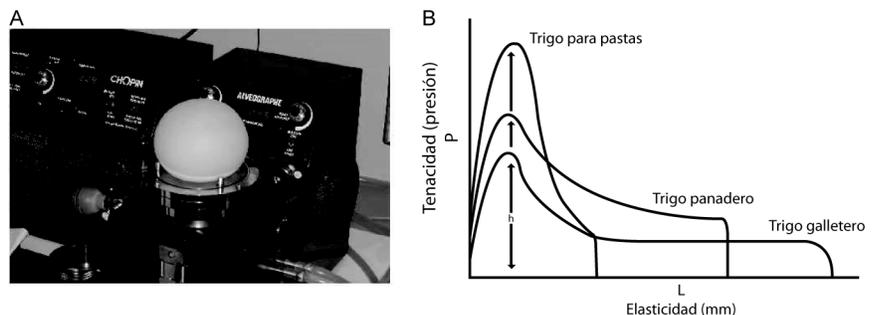


FIGURA 3. (A) ALVEÓGRAFO CHOPIN Y (B) ALVEOGRAMAS TÍPICOS

3.3 Extensógrafo

Determina los cambios en la tenacidad y elasticidad de la masa con respecto al tiempo, principalmente en la etapa de fermentación.

Al igual que en el alveógrafo se mide la tenacidad (T) y la extensibilidad de la masa (L). Y se tiene la relación T/L. El área bajo la curva representa la fuerza de la masa. La figura 4, muestra un extensógrafo Brabender y un extensograma típico.

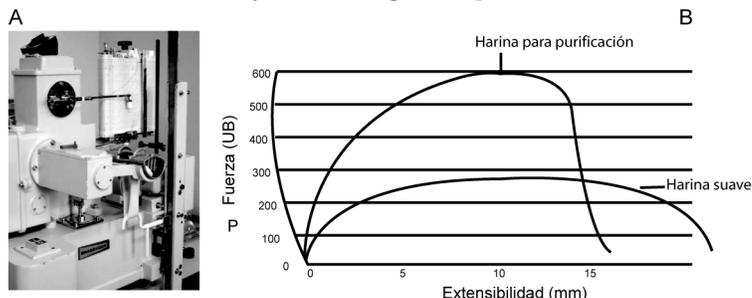


FIGURA 4. (A) EXTENSÓGRAFO BRABENDER Y (B) EXTENSOGRAMAS TÍPICO.

4. Conclusiones

Por medio de los ensayos reológicos podemos conocer las propiedades funcionales de las proteínas del gluten de la harina de trigo y así clasificarlas para su uso en: harinas panaderas, harinas para pastas y harina para galletas. De los tres tipos de harina la que mejor se cotiza y tiene una mayor demanda en el mercado es la harina para panificación, ya que permite tener productos únicos que no se pueden obtener con ningún otro cereal.

En la actualidad, son pocos los trigos que presentan este equilibrio, por lo que comúnmente se hacen mezclas de trigos desvalanceados para alcanzar el equilibrio entre gliadinas y gluteninas.

De ahí la importancia de realizar ensayos reológicos a todos los trigos para así conocer sus propiedades funcionales y con base en esta información hacer las mezclas adecuadas para tener el equilibrio deseado. **T**

5. Bibliografía

American Association of Cereal Chemistry

1983 Cereal Laboratory Methods, Edit AACC St Paul Min, USA.

Andrews, J. L., Skeritt, J. H.

1996 Wheat dough extensibility screening using a two-site enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) with antibodies to low molecular weight glutenin subunits. *Cereal Chemistry*, 73: 650 - 657

Goesaert, H., Bris, K., Veraberbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K. and Delcour, J. A.

2005 Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16: 12-30

Grosch, W.; Wieser, H.

1999 Redox reactions in wheat dough as affected by ascorbic acid. *Journal of Cereal Science*, 29: 1-16

Oliver, J. R., Allen, H. M.

1992 The prediction of bread baking performance using the farinograph and extensograph. *Journal of Cereal Science*, 15: 79-89

Shewry, P. R., Milfin, B. J.

1985 Seed storage proteins of economically important cereals. In *Advances in Cereal Science and Technology*; Pomeranz, Y., Ed.: American Association of Cereal Chemists: St. Paul, MN Vol II:1- 83

Shewry, P. R., Tatham, A. S., Forde, J., Kreis, M., and Milfin, B. J.

1986 The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: A reassessment. *Journal of Cereal Science*, 4: 97-106

Shewry, P. R., Napie, J. A., and Tatham, A. S.

1995 Seed storage proteins: Structures and biosynthesis. *The Plant Cell*, 7: 945-956

Shewry, P. R. Tatham, A. S.

1997 Disulphide bonds in wheat dough as affected by ascorbic acid. *Journal of Cereal Science*, 25:207:227.

Shewry, P. R., and Halford, N. G.

2002 Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany*, 53: 947-958

Veraverbeke, W. S., and Delcour, J. A.

2002 Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42: 179 – 208

Wrigley, C. W.

1996 Giant proteins with flour power. *Nature*, 381:738-739.

MC Gustavo de la Vega Ruiz

Profesor investigador de la Universidad Tecnológica de la Mixteca