

## COMPOSICION DE SUBUNIDADES DE GLUTENINAS DE ALTO PESO MOLECULAR DE TRIGOS CHILENOS DE PAN (*Triticum aestivum* L.)<sup>1</sup>

### High molecular weight glutenin subunit composition of Chilean bread wheats (*Triticum aestivum* L.)

Nicole Hewstone O.<sup>2</sup> y Patricio Hinrichsen R.<sup>2</sup>

#### S U M M A R Y

Wheat seed high molecular weight glutenin subunits (HMWG) are proteins which show good correlation with bread making quality, and have been used as molecular markers for that characteristic. In this paper, the analysis of 67 Chilean bread wheat varieties generated at INIA is presented. The protein bands -and consequently the allelic forms- were separated by vertical electrophoresis on polyacrylamide-SDS gels. 3 alleles for **Glu-A1** locus, 7 for **Glu-B1** locus and only 2 for **Glu-D1** locus were identified. With these data, the prospective quality for each wheat variety was determined according to two different widely used quality scores. The varieties released before 1982 showed average quality score values of 40.1/100 and 7/10, contrasting with the varieties released after that year, with average scores of 58.7 and 8.4, respectively. A couple of samples exhibited differences between the score calculated and that obtained by conventional farinological methods, which could be explained by the effect of other factors like low molecular weight glutenins and gliadins, not analyzed in this paper. Thus, a study involving the elucidation of the interaction between these and conventional methods detecting bread making quality is required in the short run.

**Key words:** wheat, glutenin, molecular weight, SDS-PAGE.

#### INTRODUCCION

El estudio de las proteínas, que constituyen el gluten del trigo (gluteninas y gliadinas) y los factores genéticos analizados bioquímicamente, involucrados en su expresión, ha permitido desarrollar un nuevo enfoque para determinar la calidad panadera, complementario a los métodos convencionales. Las gluteninas están compuestas por agrupaciones de polipéptidos que, al tratarlas con un agente desnaturalante como el dodecil sulfato de sodio (SDS), y en presencia de un agente reductor, se disocian en subunidades de alto y bajo peso molecular (Ng y Bushuk, 1987; Branlard, Autran y Monneveux, 1989; Carrillo y otros, 1990). Payne, Corfield y Blackman (1979) observaron la existencia de una correlación significativa entre la calidad panadera y la composición de las gluteninas de alto peso molecular del grano. Posteriormente, esta observación ha sido confirmada por numerosos autores

(Payne, Law y Mudd, 1980; Moonen, Scheepstra y Graveland, 1982; Branlard y Dardevet, 1985a; Lawrence y otros, 1987; Lagudah, O'Brien y Halloran, 1988; Zhong-hu, Peña y Rajaram, 1992).

Las gluteninas de alto peso molecular están codificadas por genes distribuidos en tres loci, genéticamente no ligados, **Glu-A1**, **Glu-B1** y **Glu-D1**, ubicados en los brazos largos de los cromosomas 1A, 1B y 1D, respectivamente (Payne y otros, 1987). Cada uno de estos tres loci muestra variación alélica, la que se manifiesta como una o dos bandas de proteínas, identificables de acuerdo a su movilidad electroforética en geles de poliacrilamida en presencia de SDS (Payne y otros, 1987; Branlard y otros, 1990; Dong y otros, 1991; Khelifi y Branlard, 1992). Como la composición de las gluteninas de alto peso molecular es específica para cada variedad, éstas se pueden usar como marcadores genéticos moleculares, ya que su expresión génica no está sujeta a variaciones ambientales.

En trigos hexaploides se han observado tres alelos para el locus **Glu-A1**. Uno de ellos es nulo (no se observa banda proteica alguna), mientras que los otros dos alelos codifican para las subunidades de

<sup>1</sup>Recepción de originales: 15 de febrero de 1994.

Trabajo que obtuvo el premio Mastor de la Sociedad Agronómica de Chile en el 44° Congreso Agronómico, 1993, Valdivia, Chile.

<sup>2</sup>Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

alto peso molecular 2\* ó 1. El locus **Glu-B1** tiene 11 formas alélicas conocidas, siendo las más comunes las que codifican para las subunidades 7, 7+8, 7+9, 6+8, 17+18 ó 20. Por su parte, el locus **Glu-D1** cuenta con siete alternativas alélicas que codifican para 5+10, 2+12, 3+12, 4+12, 2+10, 2+11 ó 2,2+12 (Lorenzo, Kronstad y Vieira, 1987; Carrillo y otros, 1990; Dong y otros, 1991; Branlard y otros, 1990; Zhong-hu, Peña y Rajaram, 1992).

Los alelos de estos loci tienen diferentes efectos sobre la calidad panadera. Payne y otros (1987) estudiaron esta relación y desarrollaron una escala de calidad, con valores de 1 a 4, para la más deficiente hasta la mejor contribución de la subunidad a la calidad panadera, que relaciona la presencia de determinadas subunidades con la prueba de sedimentación SDS. Branlard y otros (1990), a su vez, confeccionaron un catálogo en el cual clasificaron y valorizaron las subunidades de gluteninas de alto peso molecular, con valores que van de 0 a 42 para la más deficiente y mejor contribución de la subunidad a la calidad panadera, y las relacionaron con los resultados de calidad panadera medidos por el índice W del alveógrafo de Chopin, que es la prueba de calidad mayormente usada en Francia. Por lo tanto, los valores de calidad asignados a los trigos, al sumar la contribución de las subunidades de gluteninas que los componen, no son necesariamente iguales para cada índice.

En Chile, el trigo es el principal cultivo anual, con una superficie sembrada cercana a las 440.000 ha, con una producción de 1,49 millones de toneladas, promedio de los últimos tres años (INE, 1993). Existe una demanda anual promedio desde 1985 a 1992 de 1,7 a 1,8 millones de toneladas (MINAGRI, 1989; INE, 1993), lo que significa más del 80% de autoabastecimiento. De ello, aproximadamente, el 75% se utiliza para pan, por lo que resultaría interesante conocer las subunidades de proteínas de alto peso molecular y sus alelos correspondientes, de modo de poder utilizar esta información como base para la selección de progenitores de buena calidad panadera en los programas de mejoramiento. En este trabajo se describen las subunidades de gluteninas de alto peso molecular y sus alelos, presentes en variedades de trigo chilenos. Además, se señala la calidad panadera que tendrían, de acuerdo a los índices descritos por Payne y otros (1987) y Branlard y otros (1990), denominados índices de calidad inglés (II) y francés (IF), respectivamente, de modo de dar a conocer estos índices y las diferencias de calidad que se obtienen en los trigos de acuerdo a cada uno.

## MATERIALES Y METODOS

### Material vegetal

Se analizaron variedades certificadas de 1993/94 y variedades antiguas, que han sido introducidas o creadas por mejoramiento en el Programa de Trigo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Además, se usaron variedades extranjeras como testigo, cuya semilla se encontraba a disposición en el Programa de Trigo de la misma institución.

### Electroforesis

Para la extracción de las proteínas se utilizó una modificación de la técnica descrita por Ng y Bushuk (1987). Se molieron cinco granos por variedad, de los cuales se pesaron 20 mg de harina, y se disolvieron en 600 µl de una solución tampón compuesta por 0,05 M de Tris-HCl (pH 8,0), 5 M de urea, 0,2% de SDS, 3% de 2-mercaptoetanol y 0,003% azul de bromofenol, con agitación vigorosa e incubación por 20 minutos a temperatura ambiente.

Se analizó las muestras por electroforesis vertical, en geles de poliacrilamida-SDS (PAGE-SDS) de 9 x 8 x 0,1 cm, según la técnica descrita por Laemmli (1970). Cada gel contenía 12 carriles y se cargaron 15 µl de la muestra en cada uno. Cada muestra se repitió al menos dos veces.

Se usó un gel concentrador y un gel separador que contenían 4,5% de acrilamida, 0,06% de bisacrilamida, 0,05% de SDS, 0,125 M de Tris (hidroximetil) aminometano-HCl (Tris-HCL) (pH 6,8) y 9% de acrilamida, 0,12% de bisacrilamida, 0,05% de SDS, 0,38 M de Tris-HCl (pH 8,8), respectivamente. En ambos casos, la polimerización se comenzó agregando 0,044% de persulfato de amonio y 0,043% de N,N,N,N' tetrametiletildiamina (TEMED).

Las electroforesis se "corrieron" a 15 mA por gel, a temperatura ambiente. El tampón de electroforesis usado, contenía 0,191 M de glicina, 24,7 mM de Tris-HCl (pH 8,3) y 0,13% de SDS.

Los geles fueron teñidos durante toda la noche en una solución al 44% de metanol, 6% de ácido acético y 0,25 g/L de azul de Coomasie R-250, y destañados en una solución al 20% de metanol y 5% de ácido acético.

### Identificación de las subunidades y alelos

Para la identificación de las subunidades se utilizaron trigos europeos como testigo, cuyas bandas ya habían sido descritas y clasificadas por Branlard

y otros (1990). Se ensayaron ocho trigos extranjeros, a los cuales se les realizó electroforesis de gluteninas, los que fueron cargados junto con los trigos chilenos en los geles. La composición de las subunidades y alelos de los trigos extranjeros se presenta en el Cuadro 1, junto a su coeficiente de calidad de acuerdo a Branlard y otros (1990) (IF) y Payne y otros (1987) (II). En la Figura 1 se muestra un gel de poliacrilamida-SDS al 9% con las subunidades de gluteninas de alto peso molecular de siete variedades de estas variedades: 1= Hybride de Bersée (1:7+8:4+12); 2= Atlas 66 (2\*:13+16:2+12); 3= Sappo (2\*:14+15:2+12); 4= Top (0:7+8:2+12); 5= Genaro 81 (1:7+9:5+10); 6= Yécora 70 (1:17+18:5+10) y 7= Goelent (0:6+8:5+10).

El índice francés tiene valores entre 7 y 100 y el inglés entre 3 y 10, para los más deficientes y mejores genotipos de trigo, respectivamente. En el Cuadro 2 se muestran los valores absolutos para algunas subunidades. La ponderación que se le da en ambos índices a las distintas subunidades, no siempre concuerda, lo que hace que hayan algunas diferencias en las calidades de cada variedad de acuerdo al índice usado.

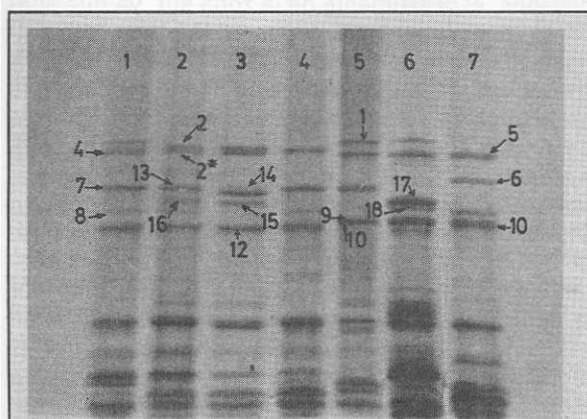
Branlard y Dardevet (1985a) determinaron que las subunidades 2\*, 5+10 y 7+9 están positivamente correlacionadas con la fuerza y tenacidad del gluten, mientras que las subunidades 1, 13+16 y 17+18 están positivamente correlacionadas con la

**CUADRO 1. Trigos usados como testigos en la determinación de las gluteninas de alto peso molecular de trigos chilenos, sus subunidades y alelos, y los índices de calidad francés (IF) e inglés (II) respectivamente**

**TABLE 1. Control wheats used to determine HMW glutenins in Chilean bread wheats, their bands and alleles, and their French (IF) and English (II) quality scores**

Variedad	Subunidades de gluteninas			Alelos			IF	II
	Glu-A1:	Glu-B1:	Glu-D1	Glu-A1:	Glu-B1:	Glu-D1		
Goelent	0	6+8	5+10	c	d	d	32	6
Carstens V	0	20	2+12	c	e	a	9	4
Yécora 70	2*	17+18	5+10	b	i	d	78	10
Genaro 81	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Top	0	7+8	3+12	c	b	b	21	6
Sappo	2*	14+15	2+12	b	h	a	· <sup>1</sup>	· <sup>1</sup>
Atlas 66	2*	13+16	2+12	b	f	a	77	· <sup>1</sup>
Hybride de Bersée	1	7+8	4+12	a	b	c	35	7

<sup>1</sup>Las subunidades 14+15 aparecen en muy baja frecuencia, por lo que los autores de los índices de calidad no la incluyeron en el análisis estadístico para determinarlo. Lo mismo ocurre en el caso de la banda 13+16 para el índice inglés.



**FIGURA 1. Electroforesis en gel de poliacrilamida-SDS al 9%. Subunidades de gluteninas de alto peso molecular de siete variedades de trigo usadas como testigo en la identificación de las gluteninas de los trigos chilenos.**

**FIGURE 1. Electrophoresis on polyacrilamide SDS gels at 9%. HWM subunit of seven bread wheats used as control in the identification of chilean bread glutenins.**

extensibilidad. Además, las subunidades 2\*, 7+8, 7+9 y 5+10 están relacionadas con una alta sedimentación y, por el contrario, las subunidades 6+8 y 2+12 con una baja sedimentación.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

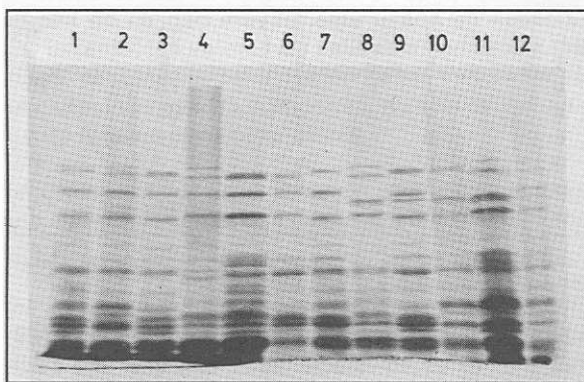
Las subunidades y los alelos identificados representan una amplia variedad (Cuadro 3). En total se identificaron 15 bandas: 1, 2, 2\*, 5, 6, 7, 13, 16, 17, 18, 8, 9, 10 y 12 de acuerdo a la nomenclatura de Payne, Law y Mudd (1980). Algunas de estas se muestran en el gel de poliacrilamida-SDS al 9% de la Figura 2. Las variedades con sus subunidades son: 1= Budifén (1:7:2+12); 2= Hybride de Bersée (1:7+8:4+12); 3= Pumafén (2\*:7+8:2+12); 4= Genaro 81 (1:7+9:5+10); 5= Lilén (2\*:7+9:5+10) 6= Laurel (2\*:7:5+10); 7= Tukán-INIA (0:7:2+12); 8= Saeta-INIA (1:17+18:5+10); 9= Sappo (2\*:14+15:2+12); 10= Perquenco (2\*:17+18:2+12); 11= Yécora 70 (2\*:17+18:5+10) y 12= Dalcahue-INIA (1:13+16:5+10).

**CUADRO 2. Coeficientes de calidad asignados a subunidades de gluteninas de alto peso molecular de acuerdo a los índices francés e inglés y sus respectivos alelos**

**TABLE 2. French and English quality scores assigned to HMW glutenin subunits and their corresponding alleles**

Subunidades de gluteninas	Índice francés	Índice inglés
2*	30	3
1	15	3
0	0	1
7	10	3
7+8	17	3
7+9	22	2
7+18	20	3
20	4	1 <sup>1</sup>
13+16	42	-
6+8	4	1
5+10	28	4
2+12	5	2

<sup>1</sup>Valor tomado de Zhong-hu y otros (1992).



**FIGURA 2.** Electroforesis en gel de poliacrilamida-SDS al 9%, para identificar las subunidades de gluteninas de alto peso molecular de variedades de trigo chilenas. Se incluyen algunos testigos intercalados.

**FIGURE 2.** HWM subunit of Chilean bread wheats and control wheats used in the identification of chilean bread glutenins.

Los valores de calidad de los trigos obtenidos, aplicando ambos índices, presentan, en algunos casos, grandes diferencias (Cuadro 3). Por ejemplo, para un valor de 10 en el índice inglés, hay valores entre 60 y 85 en el índice francés. La relación estadística realizada por los autores de estos índices, entre las subunidades de glutenina y su contribución a la calidad panadera, está basada en dos pruebas de calidad distintas. En el caso del índice inglés se relaciona con el valor de sedimentación SDS y el índice francés lo relaciona con el valor W del alveógrafo de Chopin.

En el cromosoma 1A se presentan las subunidades 1 y 2\*, consideradas favorables desde el punto de vista de calidad, especialmente la 2\* (Lorenzo, Kronstad y Vieira, 1987; Payne y otros, 1987; Branlard y otros, 1990; Carrillo y otros, 1990; Mansur y otros, 1990). También se encontró un apreciable número de variedades con ausencia de banda (0 o alelo c), que está asociado a un bajo volumen de sedimentación (Carrillo y otros, 1990). Las subunidades del cromosoma 1B comprenden una amplia gama de posibilidades, que incluyeron variedades con los mejores valores para el índice francés (13+16 y 7+9) (Branlard y otros, 1990) e inglés (7+8 y 17+18) (Payne y otros, 1987), respectivamente. El cromosoma 1D presenta sólo dos formas alélicas, una que aporta muy buena calidad (5+10), mientras que la otra se asocia con regular calidad (2+12) (Lorenzo y Kronstad, 1987; Lagudah, O'Brien y Halloran, 1988; Branlard y otros, 1990; Dong y otros, 1991). Los alelos disponibles en este grupo de variedades han originado un apreciable número de combinaciones, lo que sugiere que con ellos no se podría lograr fácilmente valores mejores que los registrados en ambos índices, como sucede con Dalcahue-INIA. De esta manera, aunque algunas variedades pueden constituir un buen aporte para mejorar el promedio de calidad, mayores índices de calidad sólo podrían lograrse introduciendo otros genotipos con alelos diferentes a los descritos (Zhong-hu, Peña y Rajaram, 1992), o bien recombinando estos trigos.

Se analizó la frecuencia de aparición de algunas subunidades o alelos en trigos liberados antes o después de 1982 (Cuadro 4), año en que se reconoció un cambio en la calidad panadera de los trigos chilenos, especialmente de la zona sur, ya que aparecen, por primera vez, trigos alternativos de panificación directa como Naofén-INIA y Rancofén-INIA (Hewstone, 1983). Se ve que se ha ido produciendo un reemplazo de alelos (subunidades) que aportan baja calidad panadera, como es el caso de la ausencia de banda en el cromosoma 1A o alelo c, por una mayor frecuencia de las subunidades 1 ó 2\*, conocidas por aportar buena calidad panadera. Lo mismo ocurre en el cromosoma 1D con las subunidades 2+12, la que se ha ido sustituyendo por la 5+10, que aporta mejor calidad panadera. Con respecto a las subunidades controladas por el cromosoma 1B, los cambios en la frecuencia de alelos, que aportan una buena calidad panadera, no están tan claros, ya que se ha visto un aumento de la subunidad 7 y una disminución porcentual de la 7+8. Sin embargo, la subunidad 7+8 contribuye a mejorar la calidad panadera, ya que está asociada a un mayor volumen de sedimentación (Carrillo y otros, 1990). En las muestras analizadas, dentro de las subunidades del locus *Glu-B1*, la subunidad

**CUADRO 3. Subunidades de gluteninas de alto peso molecular y alelos determinados para trigos chilenos de pan, y los índices de calidad que tendrían de acuerdo a los índices francés (IF) e inglés (II), respectivamente**

**TABLE 3. HMW glutenin subunits and alleles of Chilean bread wheats, and their quality scores according to French (IF) and English (II) indexes**

Variedad	Subunidades de Gluteninas			Alelos			IF	II
	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	GluA-1	Glu-B1	Glu-D1		
Lilén-INIA <sup>1</sup>	2*	7+9	5+10	b	c	d	80	9
Reihue-INIA <sup>1</sup>	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Talhuén-INIA <sup>1</sup>	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Sauce-INIA <sup>1</sup>	1	17+18	5+10	a	i	d	63	10
Miltaleu-INIA <sup>1</sup>	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Chasqui-INIA <sup>1</sup>	1	7+8	5+10	a	b	d	60	10
Maitén-INIA <sup>1</sup>	2*	17+18	2+12	b	i	a	55	8
Trisa-INIA <sup>1</sup>	1	13+16	5+10	a	f	d	85	-
Yafén	2*	7+9	5+10	b	c	d	80	9
Centrifén	1	17+18	2+12	a	i	a	40	8
Likay	2*	7+8	2+12	b	b	a	52	8
Aurifén	0	17+18	5+10	c	i	d	48	8
Minifén	0	7+8	2+12	c	b	a	22	6
Millafén	1	7+8	2+12	a	b	a	37	8
Toquifén	2*	7+8	5+10	b	b	d	75	10
Orofén 60	0	7+8	2+12	c	b	a	22	6
Orofén	0	7+8	2+12	c	b	a	22	6
Collafén	2*	17+18	2+12	b	i	a	55	8
Platifén	1	17+18	2+12	a	i	a	40	8
Lincoyán	0	20	2+12	c	e	a	9	4
Maipofén	2*	7+9	2+12	b	c	a	57	7
Kenya-fén	1	7+8	2+12	a	b	a	37	8
Vilufén	0	7+8	5+10	c	b	d	45	8
Chacay-INIA <sup>1</sup>	1	17+18	2+12	a	i	a	40	8
Peumo-1 <sup>1</sup>	2*	7+9	5+10	b	i	d	78	9
Peumo-2 <sup>1</sup>	0	17+18	5+10	c	i	d	48	8
Maqui-INIA <sup>1</sup>	2*	7	5+10	b	a	d	68	8
Quillay-INIA <sup>1</sup>	1	17+18	5+10	a	i	d	63	10
Canelo-INIA <sup>1</sup>	2*	17+18	2+12	b	i	a	55	8
Patagua-INIA <sup>1</sup>	1	6+8	5+10	a	d	d	47	8
Libún-INIA, esp. café	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Libún-INIA, esp. blanca	1	7	2+12	a	a	a	30	6
Saeta-INIA <sup>1</sup>	1	17+18	5+10	a	i	d	63	10
Candela-INIA <sup>1</sup>	2*	7+8	5+10	b	b	d	75	10
Ciko-INIA <sup>1</sup>	2*	17+18	2+12	b	i	a	55	8
Nobo-INIA <sup>1</sup>	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Cisne-INIA <sup>1</sup>	2*	17+18	5+10	b	i	d	78	10
Laurel-INIA <sup>1</sup>	2*	7	5+10	b	a	d	68	8
Lancero-INIA <sup>1</sup>	2*	20	2+12	b	e	a	39	6
Onda-INIA <sup>1</sup>	2*	17+18	5+10	b	i	d	78	10
Sipa-INIA <sup>1</sup>	2*	17+18	2+12	b	i	a	55	8
Ancoa-INIA	0	7+8	2+12	c	b	a	22	6
Lucero-INIA	0	20	2+12	c	e	a	9	4
Andifén	2*	20	2+12	b	e	a	39	6
Mexifén	2*	17+18	2+12	b	i	a	55	8
Chifén	0	7+8	2+12	c	b	a	22	6
Tukán-INIA <sup>1</sup>	0	7	2+12	c	a	a	15	3
Pankul-INIA <sup>1</sup>	0	7+8	2+12	c	b	a	22	5
Kona-INIA <sup>1</sup>	2*	7+8	5+10	b	b	d	75	10
Pukem-INIA <sup>1</sup>	2*	17+18	2+12	a	i	a	55	8
Antihue-INIA <sup>1</sup>	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Lumaco-INIA <sup>1</sup>	0	7+9	5+10	c	c	d	50	7
Carahue-INIA <sup>1</sup>	1	17+18	5+10	a	i	d	63	10

Continuación Cuadro 3. Subunidades de gluteninas de alto peso...

Variedad	Subunidades de Gluteninas			Alelos			IF	II
	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	GluA-1	Glu-B1	Glu-D1		
Dalcahue-INIA <sup>1</sup>	1	13+16	5+10	a	f	d	85	10
Perquenco-INIA <sup>1</sup>	2*	17+18	2+12	b	i	a	55	8
Cunco-INIA <sup>1</sup>	0	13+16	5+10	c	f	d	60	7
Lanco-INIA <sup>1</sup>	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Malihue-INIA <sup>1</sup>	1	7+9	5+10	a	c	d	65	9
Talafén <sup>1</sup>	0	7+8	2+12	c	b	a	22	5
Manquefén	0	7+8	2+12	c	b	a	22	5
Budifén	1	7	2+12	a	a	a	30	6
Huenufén	1	7+8	2+12	a	b	a	37	8
Naofén	0	17+18	2+12	c	i	a	25	6
Melifén	0	7+9	2+12	c	c	a	27	4
Loncofén	2*	7+9	2+12	b	c	a	57	7
Panguifén	2*	7+8	2+12	b	b	a	52	8
Pumafén	2*	7+8	2+12	b	b	a	52	8

<sup>1</sup>Trigos liberados desde 1982 hasta la fecha.

7+8 es la que tiene mayor representación, a pesar de la disminución en su frecuencia después del año 1982. Han aumentado también, después de este año, los trigos que tienen la subunidad 17+18, lo cual también contribuye positivamente a la calidad panadera y, según el índice inglés, tiene igual aporte que la subunidad 7+8, pero el índice francés le atribuye un mayor aporte que ésta. La subunidad 20 ha ido disminuyendo y se ha incrementado la 13+16, la cual, según Branlard y otros (1990), es la subunidad que mayor aporte hace a la calidad panadera. Otros autores la consideran igual que las subunidades 7+8 y 17+18 (Lawrence y otros, 1987) o un poco inferior que la 7+8 (Gramma y otros, 1987).

Los trigos liberados antes de 1982, tienen un índice de calidad panadera francés (IF), promedio, de 40,1 e inglés (II) de 7, mientras que las variedades liberadas después de ese año tienen un promedio de índice francés de 58,7 e inglés de 8,4.

A pesar de que las gluteninas de alto peso molecular dan un buen índice de calidad panadera, hay casos en que no corresponde el índice obtenido con la calidad determinada a través de los análisis convencionales, este es el caso de Naofén-INIA y Tukán-INIA. Estos trigos tienen buena panificación directa, sin embargo, aparecen con alelos que les dan un índice francés de calidad de 25 y 15 e inglés de 6 y 3, respectivamente.

El estudio muestra que existen diferencias importantes de calificación de calidad entre los índices francés e inglés, debido a la diferencia en aporte de calidad que le asignan a las distintas subunidades de gluteninas, por lo tanto, la selección de progenitores de buena calidad panadera, en

CUADRO 4. Frecuencia de aparición de las subunidades de gluteninas en los trigos chilenos analizados, liberados desde el año 1982 en adelante, y antes de ese año

TABLE 4. HMW glutenin subunit frequency in Chilean bread wheats appearing from 1982 and before that year

Subunidades de gluteninas	Variedades liberadas			
	Después de 1982		Antes de 1982	
	Nº	%	Nº	%
2*	15	39,47	10	34,48
1	17	44,73	7	24,13
0	6	15,79	12	41,37
7	4	10,52	1	3,44
7+8	19	28,35	14	48,27
7+9	5	13,16	4	13,79
17+18	14	36,84	6	20,69
20	1	2,63	3	10,34
13+16	2	5,26	1	3,44
6+8	1	2,63	-	0
5+10	26	68,42	5	17,24
2+12	12	31,58	24	82,75

programas de mejoramiento, sólo en base a estos índices, es cuestionable. Además, cabe recordar que aunque las gluteninas de alto peso molecular constituyen el principal factor proteico que determina la calidad panadera, ésta también está determinada por las gluteninas de bajo peso molecular y las gliadinas, encontrándose efectos aditivos entre estos grupos de proteínas (Branlard y Dardevet, 1985b; Mansur y otros, 1990; Khelifi y Branlard, 1992; Gupta, Singh y Shepherd, 1989).

Por lo anterior, se sugiere realizar estudios que relacionen la composición de gluteninas de alto peso molecular, y los índices de calidad, con la calidad panadera de trigos chilenos. Además, de realizar

estudios de las relaciones de las gluteninas de bajo peso molecular y las gliadinas con respecto a la calidad panadera y su relación con las gluteninas de alto peso molecular.

## RESUMEN

Las gluteninas de alto peso molecular del grano de trigo son factores proteicos determinantes de la calidad panadera, por lo que han sido ampliamente usados como marcadores moleculares. En este trabajo se presenta el estudio de 67 variedades de trigo de pan del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), a las que se les determinó las subunidades y alelos de sus gluteninas de alto peso molecular, a través de electroforesis vertical en geles de poliacrilamida-SDS (PAGE-SDS). Se identificaron tres alelos para el locus **Glu-A1**, siete para el **Glu-B1** y sólo dos para el **Glu-D1**. Con estos antecedentes, se determinó la calidad panadera que tendría cada variedad de acuerdo a dos índices ampliamente utilizados. Los trigos liberados antes de 1982, mostraron un índice de calidad panadera, promedio, de 40,1 sobre 100 y de 7 sobre 10, mientras que las variedades liberadas después de ese

año tuvieron un promedio de 58,7 y 8,4, de acuerdo a ambos índices. En algunas muestras (notablemente Naofén-INIA y Tukán-INIA), se observaron diferencias entre los índices calculados en este trabajo y la calidad panadera determinada por métodos farinológicos convencionales, lo que podría deberse a la presencia de otros factores proteicos, como las gluteninas de bajo peso molecular o las gliadinas. Esto sugiere la realización de estudios que relacionen la composición de gluteninas de alto peso molecular y los índices, con la calidad panadera determinada por métodos convencionales. Además, estudiar las relaciones de las gliadinas y gluteninas de bajo peso molecular con la calidad panadera y las gluteninas de alto peso molecular.

**Palabras claves:** trigo, gluteninas, peso molecular, PAGE-SDS.

## LITERATURA CITADA

- BRANLARD, G. and DARDEVET, M. 1985 a. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. *J. Cereal Sci.* 3: 345-354.
- BRANLARD, G. and DARDEVET, M. 1985 b. Diversity of grain protein and bread wheat quality. I. Correlation between gliadin bands and flour quality characteristics. *J. Cereal Sci.* 3: 329-343.
- BRANLARD, G.; AUTRAN, M. and MONNEVEUX, P. 1989. High molecular weight glutenin subunit in durum wheat (*T. durum*). *Theor. Appl. Genet.* 78:353-358.
- BRANLARD, G.; AUTRAN, J.C.; ROUSSET, M.; DARDEVET, M. and KOENIG, J. 1990. Catalogue des sous unités de haut poids moléculaire des glutenines des blés. INRA. 56 p.
- CARRILLO, J.M.; ROUSSET, M., QUALSET, C.O. and KASARDA, D.D. 1990. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular-weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. 1. Grain yield and quality prediction tests. *Theor. Appl. Genet.* 79: 321-330.
- DONG, H.; COX, T.S.; SEARS, R.G. and LOOKHART, G.L. 1991. High molecular weight glutenin genes: effects on quality in wheat. *Crop Sci.* 31: 974-979.
- GRAMA, A.; WRIGHT, D.S.C.; GRESSEY, P.J. and LINDLEY, T. 1987. Hexploid wild emmer wheat derivatives grown under New Zealand conditions. 1. Relationship between protein composition and quality parameters. *N.Z. J. Agric. Res.* 30: 35-43.
- GUPTA, R.B.; SINGH, N.K. and SHEPHERD, K.W. 1989. The cumulative effect of allelic variation in LMW and HMW glutenin subunits on dough properties in the progeny of two bread wheats. *Theor. Appl. Genet.* 77: 57-64.
- HEWSTONE, C. 1983. Trigo alternativo Rancofen. *Agric. Téc.* 43 (4): 398.
- INE-INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS, CHILE, 1993. Estadísticas Agropecuarias. Año Agrícola 1992/1993. Santiago, Chile. p.:7-9.
- KHELIFI, D. and BRANLARD, G. 1992. The effects of HMW and LMW subunits of glutenin and of gliadins on the technological quality of progeny from four crosses between poor breadmaking quality and strong wheat cultivars. *J. Cereal Sci.* 16: 195-209.
- LAEMMLI, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature.* 227:680.



- LAGUDAH, E.S.; O'BRIEN, L. and HALLORAN, G.M. 1988. Influence of gliadin composition and high molecular weight subunits of glutenin on dough properties in an F3 population of a bread wheat cross. *J. Cereal Sci.* 7: 33-42.
- LORENZO, A. and KRONSTAD, W.E. 1987. Reliability of two laboratory techniques to predict bread wheat protein quality in non traditional growing areas. *Crop Sci.* 30: 593-602.
- LORENZO, A.; KRONSTAD, W.E. and VIEIRA, L.G.E. 1987. Relationship between high molecular weight glutenin subunits and loaf volume in wheat as measured by the sodium dodecyl sulphate sedimentation test. *Crop Sci.* 27: 253-257.
- LAWRENCE, G.J.; MOSS, H.J.; SHEPHERD, K.W. and WRIGLEY, C.W. 1987. Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. *J. Cereal Sci.* 6: 99-101.
- MANSUR, L.; QUALSET, C.; KASARDA, D. and MORRIS, R. 1990. Effects of "Cheyenne" chromosomes on milling and baking quality in "Chinese Spring" wheat in relation to glutenin and gliadin storage proteins. *Crop Sci.* 30: 593-602.
- MOONEN, J.H.E.; SCHEEPSTRA, A. and GRAVELAND, A. 1982. Use of the SDS-sedimentation test and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat for breadmaking quality. *Euphytica* 31: 677-690.
- MINAGRI-MINISTERIO DE AGRICULTURA, División de Estudios y Presupuesto. 1989. Trigo: mercado, banda de precios y poder comprador. *Boletín Agroeconómico* 23: 7-15.
- NG, P.K.W. and BUSHUK, W. 1987. Glutenin of Marquis wheat as a reference for estimating molecular weights of glutenin subunits by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. *Cereal Chem.* 64:324-327.
- PAYNE P.I., CORFIELD, K.G. and BLACKMAN, J.A. 1979. Identification of a high-molecular-weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread-making quality in wheats of related pedigree. *Theor. Appl. Genet.* 55: 153-159.
- PAYNE, P.I.; LAW, C.N. and MUDD, E.E. 1980. Control by homoeologous group of chromosomes of the high-molecular-weight subunits of glutenin, a major protein of wheat endosperm. *Theor. Appl. Genet.* 58: 113.
- PAYNE, P.I.; NIGHTINGALE, M.A.; KRATTIGER, A.F. and HOLT, L.M. 1987. The relationship between HMW Glutenin Subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40: 51-65.
- ZHONG-HU, H., PEÑA, R.J. and RAJARAM, S. 1992. High molecular weight glutenin subunit composition of chinese bread wheats. *Euphytica* 64: 11-20.