

TRIGO: EFECTOS DEL MEZCLADO EN PANIFICACION

Octavio Paredes-López¹ y Walter Bushuk²

Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., México,
y University of Manitoba, Winnipeg, Canadá

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue investigar los efectos del mezclado, especialmente del desmezclado ("unmixing"), en el proceso de panificación. Los tres cultivares de trigo seleccionados para estudio fueron Glenlea, Neepawa y Fredrick. Para incrementar la tolerancia al mezclado del cultivar Fredrick, se preparó una harina con partes iguales de Fredrick y Neepawa (Fr/Np, 50/50).

Las masas de trigo en estudio requirieron tiempos y tasas de energía notoriamente diferentes para el mezclado. Para alcanzar el primer pico en la curva de desarrollo, los trigos Glenlea, Neepawa y Fr/Np necesitaron 14.3, 3.0 y 2.8 Wh/kg de masa, respectivamente. Las masas desmezcladas acusaron un apreciable deterioro de la calidad panadera, en relación a las mezcladas hasta

Manuscrito modificado recibido: 12 — 10 — 82.

- 1 Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos ENCB, Instituto Politécnico Nacional, Apartado Postal 42-186, México 17 D.F., México. Su dirección actual es: CIEA del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato, Apartado Postal 629, 36500 Irapuato, Guanajuato, México.
- 2 Department of Plant Science, University of Manitoba, Winnipeg, Canadá R3T 2N2.

el primer pico de desarrollo. Incrementos en los tiempos de desmezclado produjeron notables descensos de la calidad panadera. A los 16 minutos de desmezclado, la reducción en el volumen de hogaza osciló entre 34 y 62%, en relación al punto óptimo de desarrollo. Después de desmezclar, el remezclado de la masa hasta un segundo pico de desarrollo originó un alto grado de mejoramiento de la calidad del producto final. Las pruebas de panificación demostraron que los efectos de desmezclado fueron más fuertes en el caso de las harinas más fuertes.

INTRODUCCION

El mezclado de la masa de trigo se considera el paso más importante en el proceso de panificación. Este tratamiento mecánico posee un doble propósito: primero, la dispersión uniforme de todos los ingredientes (harina, agua, levadura, sal, azúcar y otros ingredientes menores), y segundo, el desarrollo del gluten a una estructura con las características adecuadas de plasticidad, elasticidad y viscosidad que permita obtener una hogaza de óptimas propiedades. Durante el avance del mezclado, la masa de harina-agua pierde gradualmente su apariencia húmeda y pegajosa y adquiere un aspecto más coherente, suave y uniforme. La adquisición de estas importantes propiedades se denomina desarrollo de la masa. En el proceso de desarrollo, la masa alcanza normalmente una consistencia máxima, tiempo en el que se logra un balance conveniente entre las propiedades de viscosidad y elasticidad. Si el mezclado continúa, usualmente la consistencia de la masa decrece y las propiedades de flujo llegan a ser más importantes. En este estado, llamado generalmente de rompimiento, la masa pierde gradualmente su elasticidad y se convierte en altamente extensible y pegajosa.

El desmezclado ("unmixing"), término introducido por Tipples y Kilborn (1), se presenta cuando una masa que ha sido desarrollada hasta el óptimo se continúa mezclando, pero este último mezclado se hace a una velocidad inferior a cierto punto crítico. En el desmezclado la masa cambia de apariencia y asume aquélla de una masa submezclada, es decir, de una masa que nunca fue mezclada hasta su punto óptimo. Si la masa desmezclada se remezcla a una velocidad más alta, se obtiene un segundo punto óptimo de desarrollo con una estructura óptima para panificación (2).

El objetivo del trabajo aquí descrito fue estudiar el efecto del mezclado, particularmente del desmezclado, en el proceso de panificación. Se utilizaron para el efecto tres harinas con gluten de

diferente tenacidad y una variedad de tratamientos de mezclado y desmezclado, determinándose en cada caso los tiempos y la energía requerida para estos tratamientos, así como diferentes pruebas de panificación.

MATERIALES Y METODOS

Harinas

Los tres cultivares de trigo seleccionados fueron Glenlea, Neepawa y Fredrick. Los dos primeros pertenecen al tipo rojo duro de primavera, mientras que el trigo Fredrick es un trigo blanco, suave, de invierno. El Glenlea fue cultivado en Belle Plaine, Saskatchewan; el Neepawa en Glenboro, Manitoba, y el Fredrick en Chatham, Ontario.

Las muestras de Glenlea y Neepawa se molieron en un molino experimental Buhler después de atemperarlas 14 hr hasta alcanzar 15.5 g de humedad/100 g de muestra. La muestra de Fredrick se atemperó hasta 14.5 g/100 g y se molió en el molino piloto de la Comisión Canadiense de Granos en Winnipeg. La extracción de harina fue de aproximadamente 70^o/o.

Las determinaciones de proteínas (N x 5.7) se hicieron de acuerdo al procedimiento de Mitcheson y Stowell (3) y los contenidos se expresan sobre la base de humedad de 14 g/100 g de harina. Los detalles relativos a las pruebas farinográficas se describen en otro lugar (4).

Se preparó una harina mezclando partes iguales de Fredrick y Neepawa, la cual se denominó Fr/Np (50/50). Para las pruebas farinográficas se utilizaron cuatro harinas: Glenlea, Neepawa, la mezcla Fr/Np (50/50) y Fredrick, y en el resto del estudio sólo se usaron las tres primeras.

Preparación de Masas y Panificación

El mezclado de las tres harinas se llevó a cabo en el mezclador GRL-200 (5), equipo cuya capacidad total es de 200 g. Algunos experimentos se realizaron empleando un equipo similar con capacidad de 1 kg de masa. En todos los casos, un baño controlado termostáticamente mantuvo la temperatura del recipiente de mezclado a $35 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$. El mezclador está provisto de equipo auxiliar para medir la potencia y la energía usada por el motor, y de

un registrador de la tasa de energía usada durante el mezclado en Watt-hora/kg (Wh/kg) de masa.

La preparación de la masa y la panificación se efectuaron usando el método GRL-Chorleywood, en la forma descrita por Kilborn y Tipples (6), Paredes-López (4) y Tipples y Kilborn (1). Las características del pan se evaluaron de acuerdo al procedimiento de estos dos últimos autores (1, 7). En la Tabla 1 se muestran las variables experimentales aplicadas en los ocho tratamientos de mezclado adoptados por el estudio. Las masas sobremezcladas se prepararon aplicando 1.8 veces redondeado a 2 en la tasa de energía usada para mezclar las masas a su primer pico de desarrollo (Figuras 1-3).

TABLA 1

TRATAMIENTOS DE MEZCLADO DE LAS MASAS EN ESTUDIO

Muestra	Tratamientos de mezclado
1	Premezclado: Mezclado de ingredientes por 1 min a 37 rpm
2	Primer pico de desarrollo: Punto óptimo obtenido a 165 rpm
3	Primera etapa de desmezclado: Pico a 165 rpm + 1 min a 37 rpm ^a
4	Segunda etapa de desmezclado: Pico a 165 rpm + 8 min a 37 rpm ^a
5	Tercera etapa de desmezclado: Pico a 165 rpm + 16 min a 37 rpm ^a
6	Segundo pico de desarrollo: Remezclado ^b
7	Submezclado: Mezclado por 20 min a 37 rpm
8	Sobremezclado: Mezclado a 165 rpm usando 1.8 x tasa de energía para el primer pico

^a Los tiempos de desmezclado fueron seleccionados arbitrariamente.

^b Primer pico a 165 rpm + 8 min de desmezclado a 37 rpm + remezclado hasta segundo pico a 165 rpm.

RESULTADOS Y DISCUSION

Pruebas Farinográficas

Las harinas de Glenlea y Neepawa presentaron un contenido medio (12.6 g/100 g) y alto (14.1 g/100 g) de proteínas, respectivamente; en contraste, la harina de Fredrick acusó una proporción

GLENLEA

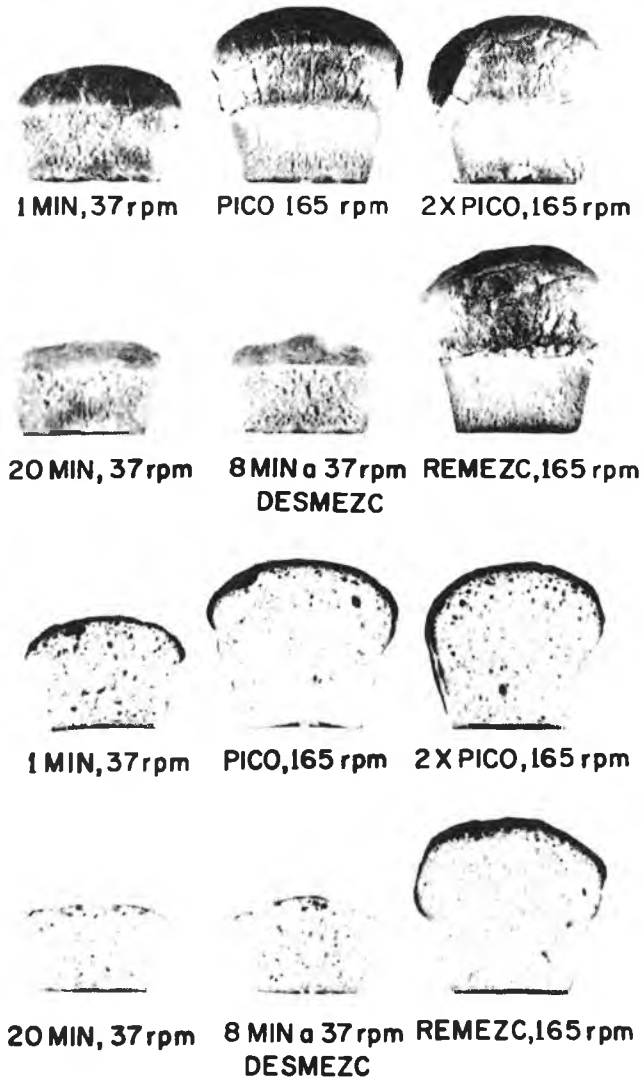


FIGURA 1

Apariencia externa e interna de las hogazas de pan elaboradas con masas de Glenlea sometidas a diferentes tratamientos de mezclado

NEEPAWA



1 MIN, 37rpm



PICO 165 rpm



2 X PICO, 165 rpm



20 MIN, 37rpm



8 MIN a 37rpm



REMEZC, 165 rpm

DESMEZC



1 MIN, 37rpm



PICO, 165 rpm



2 X PICO, 165 rpm



20 MIN, 37rpm



8 MIN a 37rpm



REMEZC, 165 rpm

DESMEZC,

FIGURA 2

Apariencia externa e interna de las hogazas de pan elaboradas con masas de Fredrick/Neepawa (50/50) sometidas a diferentes tratamientos de mezclado

FR / NP (50 / 50)



1 MIN, 37rpm

PICO 165 rpm

2 X PICO, 165rpm

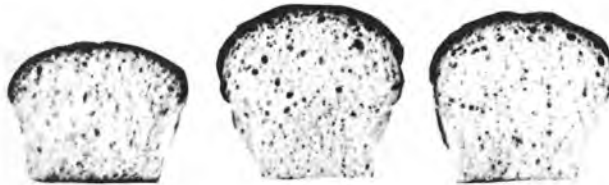


20 MIN, 37rpm

8 MIN a 37 rpm

REMEZC, 165rpm

DESMEZC



1 MIN, 37rpm

PICO, 165 rpm

2 X PICO, 165 rpm



20 MIN, 37rpm

8 MIN a 37 rpm

REMEZC, 165 rpm

DESMEZC

FIGURA 3

Apariencia externa e interna de las hogazas de pan elaboradas con masas de Fredrick/Neepawa (50/50) sometidas a diferentes tratamientos de mezclado

relativamente baja (8 g/100 g). En la Figura 4 se observa que Fredrick tiene un gluten muy débil, razón por la que se utilizó para preparar una masa con una consistencia moderada. Para el efecto, se mezclaron partes iguales de harinas Fredrick y Neepawa (Fr/Np, 50/50), según se indicó.

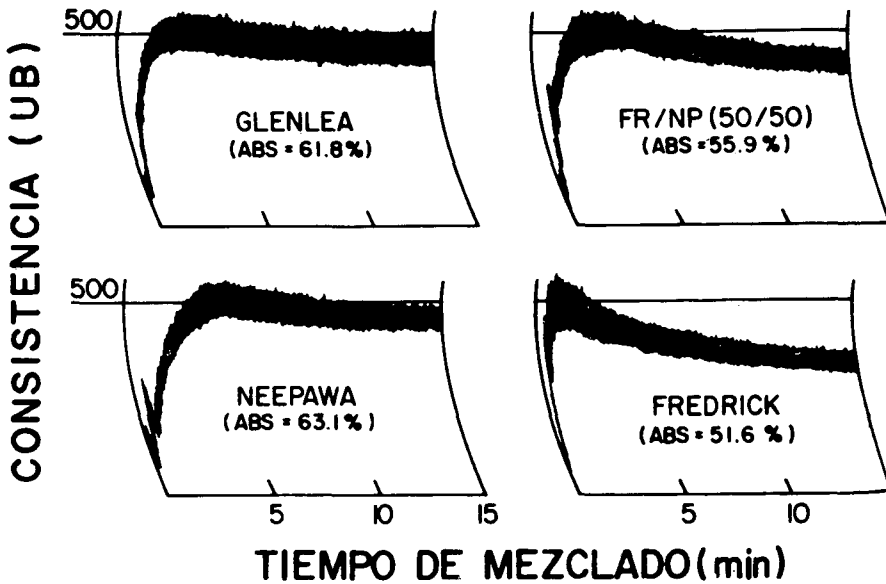


FIGURA 4

Farinogramas a la velocidad farinográfica normal de 60 rpm

Los largos requerimientos de mezclado de Glenlea, ya conocidos en otros estudios (4), no se reflejaron en el tiempo de desarrollo de la masa (TDM) a la velocidad farinográfica normal de 60 rpm (Figura 4). Se ha encontrado que algunas muestras de dicho trigo presentan un farinograma atípico, lo cual se debe probablemente a condiciones ambientales de crecimiento (8). Con este tipo

de muestras, y a la velocidad normal de mezclado, el TDM aparente resulta de la hidratación del almidón; el desarrollo de la masa se produce en estas condiciones en un segundo y amplio pico. En este caso, Glenlea no presentó, aun después de 15 min de mezclado, el segundo pico a que se ha hecho referencia. Este último apareció a los 16-17 min de mezclado a la velocidad farinográfica de 90 rpm (Figura 5). Si este pico se toma como el indicador de la capacidad de mezclado de la harina, se aprecia que Glenlea requiere una fuerza muy alta de mezclado, Neepawa, de un nivel alto, y Fr/Np (50/50) de un nivel moderado.

Para propósitos de comparación, la absorción de agua de la muestra Fredrick (Figura 5), se ajustó aproximadamente al mismo nivel de esta misma muestra (Figura 4). Se observa aquí la influen-

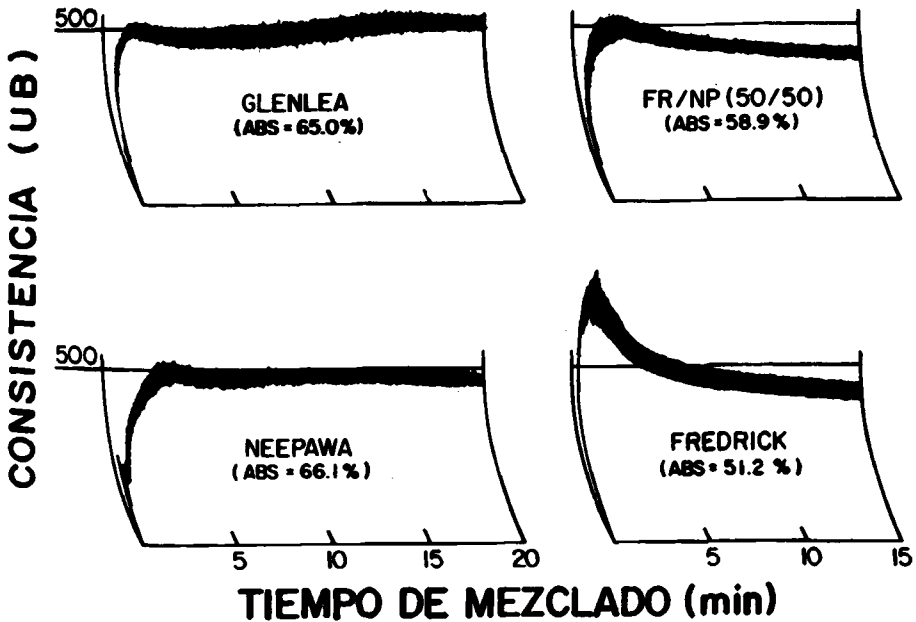


FIGURA 5

Farinogramas a la velocidad farinográfica de 90 rpm

cia de la velocidad de mezclado en la consistencia de la masa de un trigo de gluten débil. A 90 rpm (Figura 2) la consistencia fue mucho más alta (arriba de 500 U.B.) que aquella obtenida a la velocidad normal de 60 rpm (Figura 4). Las otras harinas acusaron una absorción aproximadamente 30/o más alta para la velocidad de mayor mezclado. Es más que probable que este último comportamiento obedezca a la fuerza de mezclado de estas harinas. Es conveniente anotar que dentro de las condiciones experimentales empleadas, una velocidad más alta permitió a la masa un mayor acomodamiento de agua.

Mezclado de la Masa

Las masas en estudio requirieron tiempos y energía marcadamente diferentes para el mezclado (Tabla 2). La tasa de energía usada para mezclar las harinas varió de 0.1 a 26.0 para Glenlea, 0.2 a 6.6 para Neepawa, y 0.1 a 6.1 Wh/kg de masa en el caso de Fr/Np. Glenlea requirió 14.3 Wh/kg (18.4 min de mezclado) para alcanzar el primer pico (punto óptimo de desarrollo), mientras que Neepawa y Fr/Np requirieron únicamente 3.0 (3.3 min de mezclado) y 2.8 Wh/kg (3.0 min de mezclado), respectivamente. En otras palabras, hubo notables diferencias en la tasa de energía utilizada para obtener desarrollos equivalentes de la masa. Otros investigadores (9) han informado tasas de energía de 7.0 y 4.2 Wh/kg para alcanzar el desarrollo óptimo de trigos con gluten fuerte y de nivel medio, respectivamente.

Al analizar la energía utilizada para las muestras 2, 4 y 6 (Tabla 2), se encontró que la tasa requerida para alcanzar la consistencia máxima, después de desmezclar 8 min a 37 rpm, fue considerablemente más baja que la necesaria para llegar al primer pico. Asimismo, en la Tabla 2 llaman la atención los altos requerimientos energéticos de mezclado de la harina de Glenlea, en comparación con los de Neepawa y Fr/Np.

Efectos de los Tratamientos de Mezclados sobre la Calidad Panadera

La Figura 1 para Glenlea, Figura 2 para Neepawa y Figura 3 para Fr/Np muestran la apariencia externa e interna de los panes elaborados con masas sometidas a diferentes tratamientos de mezclado. Los panes de las muestras 3 y 5 (que corresponden a los tiempos de desmezclado más corto y más largo, respectivamente) no se presentan, ya que son similares a los de la muestra 4 que se incluye

TABLA 2

TASAS DE ENERGIA Y TIEMPOS USADOS PARA EL MEZCLADO

Muestra ^a	Tasa de energía (Watt-h/kg)			Tiempo de mezclado (min)		
	Glenlea	Neepawa	Fr/Np (50/50)	Glenlea	Neepawa	Fr/Np (50/50)
1	0.1	0.2	0.1	1.0	1.0	1.0
2	14.3	3.0	2.8	18.4	3.3	3.0
3	14.5	3.2	3.0	19.1	4.3	4.0
4	14.6	3.8	4.0	26.4	11.3	11.0
5	14.8	4.5	5.1	34.0	19.3	19.0
6	18.1	6.6	6.1	31.0	13.3	12.4
7	0.6	2.3	2.1	20.0	20.0	20.0
8	26.0	5.5	5.2	25.4	5.7	5.0

^a La identificación de los tratamientos de mezclado 1-8 se muestra en la Tabla 1.

en estas Figuras. En la Tabla 3 se muestran los resultados de las pruebas objetivas y subjetivas usadas para determinación de la calidad panadera, incluyendo los resultados correspondientes a los ocho tratamientos de mezclado.

El desmezclado de Glenlea por sólo 1 min produjo un notorio deterioro de la calidad panadera (Tabla 3, muestra 3); el volumen de hogaza disminuyó en 20% o, comparado con el de la masa desarrollada hasta el primer punto óptimo (muestra 2). Con este mismo tratamiento de desmezclado, el decremento de volumen de hogaza fue de 4% o para Neepawa y 2% o para Fr/Np. La disminución de volumen fue mayor al aumentar el tiempo de desmezclado; la reducción en relación al primer pico, después de 16 min de desmezclado, fue de 62% o para Glenlea, 38% o para Neepawa y 34% o para Fr/Np (muestra 5). Los efectos negativos del desmezclado fueron evidentes también en la apariencia externa de la hogaza, y en la estructura y color de la miga (Tabla 3 y Figuras 1-3). Aumentos de los tiempos de desmezclado produjeron notables descensos de la calidad panadera, como lo indican los parámetros objetivos y subjetivos de calidad. Otro importante efecto observado concierne a los efectos negativos del desmezclado, los que fueron pronunciados para las harinas de gluten más fuerte, presentándose los efectos negativos en forma decreciente en el siguiente orden: Glenlea, Neepawa y Fr/Np.

Como era de esperar, el pan de las masas submezcladas fue extremadamente pobre en el caso de las tres harinas utilizadas (Tabla 3, muestras 1 y 7, e identificadas con 1 y 20 min a 37 rpm, respectivamente, Figuras 1-3). En el caso del trigo Glenlea, el volumen de hogaza de la masa remezclada fue ligeramente más alto que el obtenido en el primer pico de desarrollo. La Tabla 3 indica que la diferencia en volúmenes de hogaza de la masa remezclada (muestra 6) y de la masa desarrollada al punto óptimo (muestra 2) fue de 6% o para Glenlea, -2% o para Neepawa y -6% o para Fr/Np. Con el sobremezclado se produjo en las tres harinas una disminución en el volumen de hogaza y un ligero deterioro de la calidad organoléptica (Tabla 3, muestra 8 e identificada con 2 x pico a 165 rpm, Figuras 1-3). En general, estos resultados de sobremezclado concuerdan con los trabajos de Hosoney y Finney (10) y de Tanaka y Bushuk (11), investigadores que estudiaron los efectos del sobremezclado en la calidad panadera de algunas harinas.

Se ha encontrado que los trigos con buena capacidad panadera soportan mayores tratamientos consecutivos de desmezclado y remezclado (2, 4, 12). En consecuencia, la Comisión Canadiense

TABLA 3

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE MEZCLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE PANIFICACION DE LAS HARINAS DE GLENLEA, NEEPAWA Y FREDRICK/NEEPAWA (50/50)

Harina	Tratamientos de mezclado							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Glenlea:</i>								
Volumen hogaza, cm ³	515	990	795	405	375	1045	380	870
Apariencia externa	3.0,mv	8.0	7.5	1.0,mv	0.5,mv	8.0	0.5,mv	8.0
Estructura miga	3.0,a,ma	6.5,a	5.8,a	1.0,a,ma	0.5,a	6.8,a	1.0,a,ma	6.0,a
Color miga	1.5,g-y	10.0	8.0	2.0,g	1.5,g-y	10.0	0.5,g-y	9.0
<i>Neepawa:</i>								
Volumen hogaza, cm ³	650	1045	1005	695	650	1025	675	990
Apariencia externa	5.0, v	9.0	8.5	5.2,v	5.5,v	8.8	5.0,v	8.0,g
Estructura miga	5.0,ma	6.0,ma	6.2,a	5.0,ma	4.0,a,a	6.0	4.8,ma	6.0,ma
Color miga	4.0,g-y	8.0	8.0	5.0,g-y	4.0,g-y	8.5	4.5,g-y	8.0
<i>Fredrick/Neepawa (50/50):</i>								
Volumen hogaza, cm ³	660	935	915	680	615	880	645	895
Apariencia externa	5.5,v	8.2	8.0	6.2,v	5.5,v	8.0	5.0,v	7.8,mg
Estructura miga	4.5,a,a	6.0,a	6.0,a	5.2,a,a	4.0,a,a	6.0,a	3.9,a,ma	6.0,a
Color miga	4.5,p-y	8.2	8.0	5.5,p-y	5.0,p-y	8.0	4.0,p-y	8.2

Términos de la evaluación sensorial:

a = abierto; a = áspero; g= gris; ma = muy abierto; mg = muy gris; mv = muy viejo; p = pálido; v = viejo; y = amarillo.

Apariencia externa, Estructura de la miga y Color de la miga: 1-10.

La identificación de los tratamientos de mezclado 1-8 se muestra en la Tabla 1.

de Granos ha empezado a introducir efectos de desmezclado y remezclado de masas como parámetros adicionales que ayudan a conocer mejor la capacidad panadera de un trigo. Los estudios de Kasarda, Bernardin y Nimmo (13) han demostrado el importante papel que la gliadina juega en las propiedades reológicas del trigo. Por otro lado, Bushuk (14), Khan y Bushuk (15) y Paredes-López y Bushuk (16) estiman que existe una alta interrelación entre el nivel de hidrofobicidad de la glutenina y la calidad panadera de un trigo dado. En base a estos hallazgos, las investigaciones a nivel molecular que se están llevando a cabo, en cuanto a mezclado y desmezclado, están orientadas a conocer el papel que la gliadina y glutenina desempeñan en este tipo de propiedades.

SUMMARY

WHEAT: EFFECTS OF MIXING IN BREADMAKING

The purpose of this work was to investigate the effects of mixing, especially of unmixing, in the breadmaking process. The three wheat cultivars selected for the study were Glenlea, Neepawa and Fredrick. To increase the mixing strength of Fredrick, a blend of equal parts of Fredrick and Neepawa flours (Fr/Np, 50/50) was prepared.

The wheat doughs under study required widely different times and energy inputs for mixing. Glenlea, Neepawa and Fr/Np needed 14.3, 3.0 and 2.8 Wh/kg of dough, respectively, to reach the first development peak. The unmixed doughs showed a marked deterioration of bread quality in relation to those mixed to the first development peak. Increases of unmixing times produced remarkable decreases of bread quality. At 16 min of unmixing the reduction of loaf volume, in relation to the optimum development stage, ranged from 34 to 62%. After unmixing, remixing the dough to a second development peak caused a high improvement in the quality of the final product. The breadmaking tests demonstrated that the unmixing effects were stronger for the stronger flours.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. K. H. Tipples y al Señor R. H. Kilborn, de la Comisión Canadiense de Granos, Winnipeg, Canadá, las facilidades que tuvieron a bien proporcionarles para el desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. Tipples, K. H. & R. H. Kilborn. "Unmixing" - the disorientation of developed bread doughs by slow speed mixing. *Cereal Chem.*, **52**: 248-262, 1975.
2. Paredes-López, O. & W. Bushuk. Development and undevelopment of wheat dough by mixing: Physicochemical studies. *Cereal Chem.*, **59** (aceptado para publicación).
3. Mitcheson, R. C. & K. C. Stowell. Application of new analytical technique to routine malt analysis. I. Determination of barley and malt nitrogen content using an autoanalyser technique. *J. Inst. Brew.*, **76**: 335-338, 1970.
4. Paredes-López, O. **Physicochemical Studies of Dough Development and Undevelopment by Mixing**. Tesis doctoral. University of Manitoba, School of Agriculture, Winnipeg, Canada, 1980.
5. Voisey, P. W. & R. H. Kilborn. An electronic recording Grain Research Laboratory mixer. *Cereal Chem.*, **51**: 841-848, 1974.
6. Kilborn, R. H. & K. H. Tipples. Factor affecting mechanical dough development. I. Effect of mixing intensity and work input. *Cereal Chem.*, **49**: 34-47, 1972.
7. Tipples, K. H. & R. H. Kilborn. **Baking Methods**. Bulletin of the Canadian Grain Commission, Winnipeg, Canada, 1977, p. 5.
8. Bushuk, W. Resultados no publicados. University of Manitoba, School of Agriculture, Winnipeg, Canadá, 1980.
9. Kilborn, R. H. & K. H. Tipples. Factors affecting mechanical dough development. III. Mechanical efficiency of laboratory dough mixers. *Cereal Chem.*, **50**: 50-69, 1973.
10. Hosenev, R. C. & P. L. Finney. A contrary view. *Bakers Dig.*, **48**(1): 22-28, 66, 1974.
11. Tanaka, K. & W. Bushuk. Changes in flour proteins during dough mixing. I. Solubility results. *Cereal Chem.*, **50**: 590-596, 1973.
12. Bushuk, W., O. Paredes-López, R. H. Kilborn & K. H. Tipples. Changes in wheat proteins during dough unmixing. *Cereal Foods World*, **25**: 505, 1980.
13. Kasarda, D. D., J. E. Bernardin & C. C. Nimmo. Wheat proteins. En: **Advances in Cereal Science and Technology**, Vol. 1. Y. Pomeranz (Ed.). St. Paul, Minn., American Association of Cereal Chemists, 1976, p. 158-236.
14. Bushuk, W. Glutenin functions, properties and genetics. *Bakers Dig.*, **48**(4): 14-16, 18, 19, 21, 22, 1974.
15. Khan, K. & W. Bushuk. Studies of glutenin. VIII. Subunit composi-

- tion at different stages of grain maturity. **Cereal Chem.**, **53**: 566-573, 1976.
16. Paredes-López, O. & W. Bushuk. Development and undevelopment of wheat dough by mixing: Microscopic structure and its relations to breadmaking quality. **Cereal Chem.**, **59** (aceptado para publicación).