

Caracterización reológica de masas aditivadas con celulosas modificadas y pectinas

Rheological characterization of dough supplemented with modified celluloses and pectins

Correa, M.J (1), Pérez, G (2), Añon, M.C (1), Ferrero, C. (1)

(1) CIDCA - Fac.Ciencias Exactas-UNLP- CCT La Plata (CONICET) 47 Y 116 (1900) La Plata -(2) CONICET - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

mjcorrea@biol.unlp.edu.ar

RESUMEN

Se estudió el efecto producido por la utilización de celulosas modificadas y pectinas sobre las características reológicas de la masa obtenida a partir de harina de trigo 000. Fueron realizados métodos reológicos empíricos, ensayos farinográficos y análisis de perfil de textura, y fundamentales, ensayo oscilatorio dinámico. Las celulosas modificadas empleadas fueron: celulosa microcristalina (MCC), carboximetilcelulosa (CMC) y dos tipos de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) con distinto grado de sustitución de grupos metoxilo e hidroxipropilo, en cuanto a las pectinas se emplearon dos tipos: una de alto grado de esterificación: 69% (GP 105) y otra de bajo grado de esterificación y amidada (GP 8001). Los niveles de hidrocoloide empleados en los farinogramas fueron: 0%, 0,25%, 0,50%, 1,0%, 1,5% y 2,0%. Las mezclas harina-hidrocoloide se prepararon con y sin agregado de sal. A partir de los farinogramas se determinaron: la absorción de agua, el tiempo de desarrollo y la estabilidad. El agregado de los hidrocoloides ocasionó un aumento de la absorción farinográfica de agua, encontrándose los máximos valores de A en las masas con agregado de HPMC. En general las masas sin sal mostraron mayores valores de A que las masas con sal. Asimismo, se encontró una relación lineal entre el incremento porcentual de agua y la concentración de hidrocoloide empleado. El tiempo de desarrollo no se modificó sustancialmente al utilizar pectinas pero si se incrementó significativamente con las celulosas modificadas, en particular con el agregado de CMC. En la estabilidad de las masas con agregado de CMC y HPMC se observó un comportamiento diferencial las mismas ante la ausencia o presencia de sal. La utilización de MCC no modificó la estabilidad, mientras que las pectinas provocaron una disminución de la misma. En base a los resultados de los farinogramas se eligieron 2 niveles de hidrocoloide para realizar los ensayos de perfil de textura y reometría. Debido a que en las masas con CMC y HPMC se observó un efecto debido a la presencia o no de sal, para estos hidrocoloides se realizaron los ensayos también en masas sin sal. En el ensayo de perfil de textura (TPA) la presencia de los hidrocoloides ocasionó un ablandamiento de la masa en todos los casos, siendo este efecto mayor en las masas sin sal. La consistencia de la masa disminuyó mientras que la cohesividad aumentó en el mayor nivel estudiado en las masas con sal. En los ensayos oscilatorios dinámicos en todas las frecuencias estudiadas el módulo elástico superó al módulo viscoso. Al comparar las masas aditivadas con las masas control, se observó una disminución de los módulos elástico, viscoso y complejo en la mayor parte de las masas aditivadas y un incremento de la $\tan \delta$. Los resultados indican que el agregado de hidrocoloides a la masa provoca un cambio en el comportamiento reológico de la misma, dependiendo este efecto no sólo de los componentes de la harina y de la estructura química y concentración de los hidrocoloides empleados sino también de otros componentes de la masa como puede ser la sal.

ABSTRACT

The effect of modified celluloses and pectins on dough rheological characteristics was studied. Empirical (farinographic assay and texture profile analysis) and fundamental (dynamic oscillatory test) rheological tests were employed. The hydrocolloids employed were: microcrystalline cellulose (MCC), carboxymethyl cellulose (CMC), two different types of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC F 4M and HPMC F 50) and two different types of pectins: high-methoxylated pectin (GP 105, degree of esterification=69%) and amidated low-methoxylated pectin (GP 8001).The hydrocolloid

levels used for farinographic assays were 0% , 0.25%, 0.50%, 1.0%, 1.5% and 2.0%. Farinographs were performed on mixtures of flour and hydrocolloid, without and with NaCl (2 g/ 100 g flour). The parameters determined were: Water absorption, development time and dough stability. Farinographic water absorption increased when hydrocolloids were incorporated, higher values were obtained in mixtures without NaCl. A linear relationship between the percentage increment in water absorption and the hydrocolloid level was observed within the assayed range of concentrations. The higher absorptions were observed when the two types of HPMC were used. The development time was not significantly modified when pectins were added but it significantly increased when modified celluloses were used, particularly when CMC was added. CMC and HPMC affected dough stability in a different way depending on the presence or absence of salt. The stability was not modified when MCC was used whereas it was diminished when pectins were added. According to these results, two hydrocolloids levels were chosen to perform the texture profile analysis and the rheometric assays. Since it was found a differential effect of CMC and HPMC when salt was present or not, the reometric and textural assays were performed in dough with and without salt. The texture profile analysis showed that hydrocolloids addition softened the dough and their effect was greater in dough without salt. Dough consistency was lower when hydrocolloids were present whereas the cohesiveness was higher in doughs with salt at the maximum level of hydrocolloid assayed. By dynamic oscillatory tests it was found that the elastic modulus was always greater than the viscous modulus at all the frequencies studied. The elastic, viscous and complex moduli were lower in doughs with hydrocolloids while the values for $tg(\delta)$ were higher than in control dough. These results showed that hydrocolloids did modify the rheological behaviour of dough but their effect depended not only on flour components, chemical structure and concentration of hydrocolloid but also on the presence of other components like salt.

PALABRAS CLAVE: *hidrocoloide, masa, reometría, textura.*

KEYWORDS: *hydrocolloid, dough, reometry, texture.*

INTRODUCCIÓN

Cuando las proteínas del gluten presentes en la harina de trigo se ponen en contacto con agua y se les aplica un trabajo mecánico se forma una red elástica y extensible. Este material de características viscoelásticas, con un comportamiento intermedio entre un sólido elástico y un líquido viscoso, es lo que confiere las propiedades reológicas únicas a la masa. Estas propiedades reológicas son un factor esencial en la determinación de la calidad panadera, por lo que es importante su estudio.

Los ensayos reológicos que tradicionalmente se han utilizado para evaluar la calidad panadera de una harina son de tipo empírico (farinograma, alveograma, extensograma, mixograma), donde la masa es sometida a grandes deformaciones. Estos ensayos son útiles para evaluar el comportamiento durante el procesamiento.

Más recientemente se han incorporado los ensayos fundamentales, de pequeñas deformaciones, como los dinámicos oscilatorios, que permiten evaluar separadamente el comportamiento elástico y viscoso de un material como la masa, a través de la obtención de distintos parámetros que caracterizan al material, como los módulos dinámicos, la tangente del ángulo de desfase, viscosidad compleja, entre otros.

La reología de la masa está determinada por la red de gluten, cantidad de agua, interacción entre los distintos componentes ya sean los naturalmente presentes en la harina (proteína, almidón, lípidos, fibra) o los incorporados para obtener una determinada formulación. Como parte de estas formulaciones y para mejorar la aptitud de las masas de harina de trigo de inferior calidad panadera se emplean aditivos de diversa estructura química (oxidantes, enzimas, emulsificantes, hidrocoloides). Los hidrocoloides son polisacáridos de alto PM, obtenidos de diversas fuentes (semillas, algas, exudados de plantas, microbianos, etc.) que son ampliamente utilizados en la industria alimentaria como espesantes y gelificantes, aunque está menos extendido su uso en masa panaria. Entre estos polisacáridos se encuentran las celulosas modificadas (microcristalina, carboximetilcelulosa, hidroxipropilmetilcelulosa) que son modificaciones químicas de las celulosas naturales, que de este modo adquieren propiedades distintas a las de la celulosa sin modificar (por ejemplo, aumento de la solubilidad). La celulosa microcristalina se obtiene por ataque (ruptura) de las fibrillas de celulosas

liberándose partículas que pueden formar una dispersión; la carboximetilcelulosa es una celulosa sustituida por grupos carboximetilo lo que le confiere carga negativa mientras que las hidroxipropilmetilcelulosas son celulosas sustituidas por hidroxipropilo y metilo que les confieren un cierto grado de hidrofobicidad respecto a otros hidrocoloides. Estas celulosas son, por este motivo, capaces de gelificar al aumentarse la temperatura (Glicksman 1982). Cada una de estas celulosas tiene, debido a su diferente estructura química un diferente comportamiento por lo que su incorporación en la masa panaria haría esperable un efecto distinto sobre la aptitud panadera, y en particular sobre las propiedades reológicas de la masa. Otros polisacáridos muy utilizados en la industria alimentaria son las pectinas. Las pectinas son poligalacturonanos de diverso grado de esterificación (alto, bajo metoxilo). Esta característica estructural incide en su funcionalidad: una baja metoxilación permite la interacción con cationes divalentes, como el calcio, formando geles cuyas zonas de unión están estabilizadas químicamente. Mientras que las pectinas de alto grado de esterificación gelifican en otras condiciones: medios ácidos y con alto contenido de azúcares. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto producido en las características reológicas de la masa de harina de trigo por el agregado de celulosas modificadas y pectinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para la preparación de las masas se utilizó harina de trigo comercial 000 (Código Alimentario Argentino) provista por el Molino Campodónico S.A. (La Plata, Argentina). La harina utilizada presentó la siguiente composición: proteínas, 11,43 % (determinadas por Kjeldhal, factor=5.7); humedad, 14,23%; gluten húmedo, 33,2% y gluten seco, 11,0% (relación gluten húmedo/ gluten seco = 3). Los parámetros alveográficos fueron los siguientes: P = 96 mm H₂O, L = 93 mm, W = 326.10⁻⁴ J y el valor del Falling Number (FN) fue de 486 segundos.

Los hidrocoloides de grado alimentario empleados fueron: celulosa microcristalina (MCC, FMC Biopolymer, Filadelfia), carboximetilcelulosa (CMC, Latinoquímica Amtex S.A, Argentina), dos tipos de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC, Dow Chemical Company, USA) : HPMC F 4 M (29,3% de sustitución de grupos metoxilo y 6,0% de grupos hidroxipropilo) y HPMC F 50 (28,6% de sustitución de grupos metoxilo y 5,4% de grupos hidroxipropilo) y dos tipos de pectinas (CP Kelco,USA): una de bajo grado de esterificación y amidada (GP 8001) y otra de alto grado de esterificación, 69%, (GP 105).

En todos los casos se utilizó agua destilada y NaCl comercial para preparar las masas.

Ensayos farinográficos

Se realizaron los farinogramas de las mezclas de harina de trigo 000 - hidrocoloide sin sal y con sal incorporada a la mezcla (2%). Los niveles empleados para las celulosas modificadas fueron 0,25%, 0,5%, 1,0% y 1,5%, las pectinas se utilizaron en estos niveles y al 2,0%. Se empleó un equipo Brabender de 300 g (Duisburg, Germany) y el ensayo se realizó de acuerdo al método 54-21 (AACC 1995). A partir de los farinogramas se determinaron la absorción farinográfica de agua (A), el tiempo de desarrollo (td) y la estabilidad. La absorción farinográfica se define como el porcentaje de agua necesario para alcanzar una consistencia de 500 Unidades de Brabender (UB); td es el tiempo necesario (min) para alcanzar una consistencia de la masa de 500 UB y la estabilidad se define como el tiempo (min) durante el cual la consistencia de la masa permanece a 500 UB.

Ensayos de perfil de textura (TPA) y reometría

Formulación de la masa. Se utilizaron las siguientes proporciones: harina 100 g, celulosas modificadas, 0,5 % y 1,5%, pectinas, 0,5% y 2%, agua destilada según absorción farinográfica. En los casos que se empleó sal, esta se utilizó en una concentración de 2%.

Preparación de la masa: los ingredientes fueron mezclados en seco durante un minuto. Luego se agregó el agua y se amasó cada mezcla su tiempo de desarrollo farinográfico. La masa fue laminada y se dejó reposar durante 15 minutos. A partir de esta masa se obtuvieron las muestras para los ensayos de perfil de textura y oscilatorios dinámicos.

Análisis de perfil de textura (TPA). Se cortaron piezas cilíndricas de masa de 3 cm de diámetro y 1 cm de espesor para la realización de un ensayo de compresión de dos ciclos utilizando un texturómetro TA-XT2i (STABLE MICRO SYSTEMS, Surrey, U.K.). La masa se sometió a dos ciclos de compresión hasta un 40 % de la altura original con una sonda cilíndrica de 7.5 cm de diámetro. Se

obtuvieron curvas de fuerza en función del tiempo a una velocidad de 0.5 mm/s. Los parámetros determinados fueron dureza, cohesividad y consistencia de la masa. La dureza de la masa se calculó como la máxima fuerza registrada durante el primer ciclo de compresión, la cohesividad como el cociente entre el área positiva del segundo ciclo y el área positiva del primer ciclo y la consistencia se calculó como la suma de las áreas del primer y segundo pico.

Ensayos en reómetro oscilatorio

A partir de la masa laminada se cortaron piezas cilíndricas de 3 cm de diámetro y 2 mm de espesor, las cuales se mantuvieron refrigeradas hasta 10 minutos antes de realizar la medida.

Los ensayos oscilatorios se realizaron en un reómetro oscilatorio de esfuerzo controlado Haake RS 600 (Haake, Germany) a 25 °C utilizando como sensor un sistema plato – plato de superficie rugosa con una separación entre los mismos de 1,5 mm. Para evitar la pérdida de humedad por parte de la muestra durante el ensayo se recubrieron los bordes con vaselina sólida.

Se realizaron barridos de deformación entre 0,5 y 200 Pa a una frecuencia de 1 Hz para determinar el rango de viscoelasticidad lineal de las muestras. A partir del mismo se definió un valor de deformación para realizar los barridos de frecuencia, los cuales fueron realizados entre 0,005 y 100 Hz a una deformación constante de 5 Pa. En ambos ensayos antes de realizar las mediciones las muestras se dejaron reposar durante 15 minutos entre los platos para que relajaran. Los parámetros determinados fueron los módulos complejo (G^*), elástico (G'), viscoso (G'') y la $\tan(\delta)$, siendo δ el ángulo de desfase.

El módulo elástico o de almacenamiento se relaciona con la respuesta del material como un sólido mientras que el módulo viscoso o de pérdida, se relaciona con la respuesta del material como un fluido. El módulo complejo se define como la raíz cuadrada de la suma cuadrática de G' y G'' y es una medida de la resistencia total del material a la deformación mientras que la $\tan(\delta) = G''/G'$, refleja la relación entre la viscosidad y la elasticidad de la muestra. (Steffe 1992)

Estadística

Con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre las muestras se realizó un análisis de varianza y se compararon las medias por el test de Bonferroni (nivel de confianza del 95%). El programa empleado fue Stat Graphics Plus 4.0.

Todos los ensayos fueron realizados al menos por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las gomas incrementaron la absorción farinográfica de agua, habiéndose alcanzado los máximos valores con las HPMC. Esta tendencia se observó en las mezclas con y sin sal (**Figura 1 a y b**). Entre las HPMC, fue HPMC F 4M la que presentó el máximo valor de A, lo cual indica que aunque el grado de sustitución de ambas HPMC es ligeramente diferente es suficiente para provocar un cambio en el comportamiento de las mismas. El incremento porcentual de agua respecto al control siguió una relación lineal con la concentración de hidrocoloide empleada. En las masas sin agregado de sal los valores de A alcanzados fueron mayores que los correspondientes a las masas con sal. El tiempo de desarrollo se incrementó con la utilización de las celulosas modificadas tanto en presencia como en ausencia de sal (datos no mostrados). El máximo tiempo de desarrollo se observó con el agregado de CMC a la masa. En la mayoría de los niveles empleados las pectinas no modificaron el tiempo de desarrollo. La estabilidad de la masa en presencia de sal no se vio afectada por el agregado de CMC mientras que las HPMC provocaron una disminución de la misma (**Figura 2a**). En ausencia de sal se apreció un comportamiento inverso, las HPMC no modificaron la estabilidad farinográfica mientras que CMC provocó su disminución (**Figura 2b**). Este comportamiento estaría indicando que la presencia de sal influye en las interacciones que se pueden establecer entre los componentes de la masa. Dado que CMC y HPMC presentan una muy diferente estructura química, CMC es un polisacárido aniónico mientras que HPMC es una molécula hidrofóbica (Gliksman 1982), es de esperar que intervengan en diferente tipo de interacciones. La presencia de sal refuerza la estructura de las moléculas de agua lo cual favorece el establecimiento de interacciones hidrofóbicas (Kinsella *et al.* 1984). En presencia de sal las HPMC, al ser las más hidrofóbicas, podrían interactuar con las proteínas de la red de gluten dando lugar a una red menos estable (Rosell *et al.* 2007). A su vez las cargas de CMC podrían ser apantalladas por la sal. En ausencia de sal, no ocurriría el apantallamiento, se favorecería la interacción del gluten con moléculas cargadas como CMC dando lugar a una red más

débil por lo que soporta menos el trabajo mecánico. MCC no modificó la estabilidad de la masa en ninguna de las concentraciones utilizadas, mientras que las pectinas tienden a disminuirla; esto ocurre tanto en presencia como ausencia de sal. Esto estaría en acuerdo con los resultados encontrados por Ribotta *et al.* (2005), quienes encontraron que es posible el establecimiento de complejos hidrofílicos entre las proteínas del gluten y los grupos carboxilo de las pectinas.

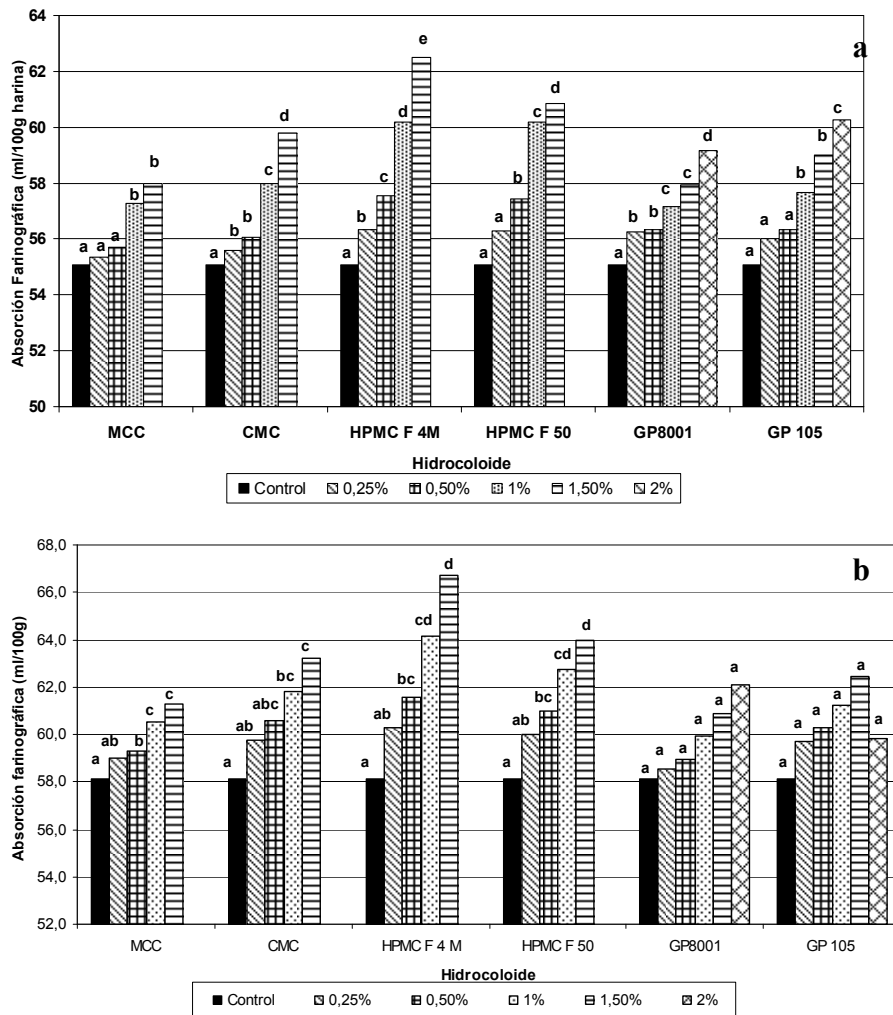
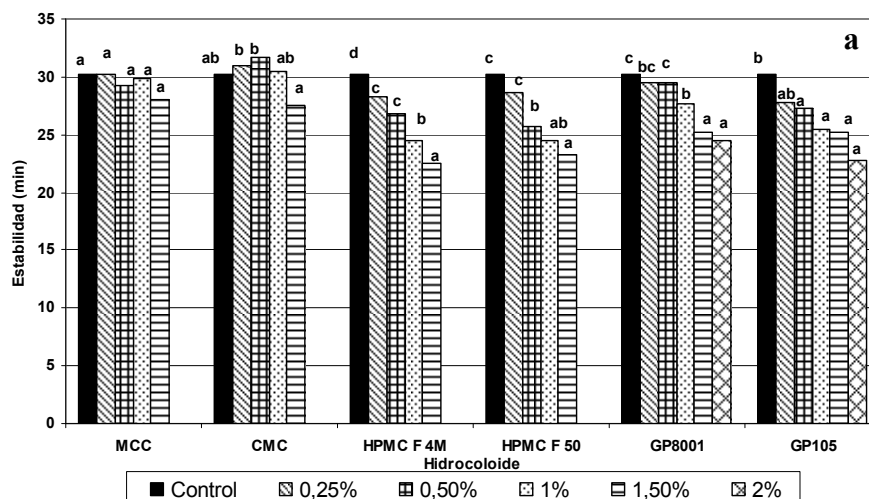


Figura 1. Absorción farinográfica de agua de las mezclas harina – hidrocoloide. a) con sal 2% b) sin agregado de sal.



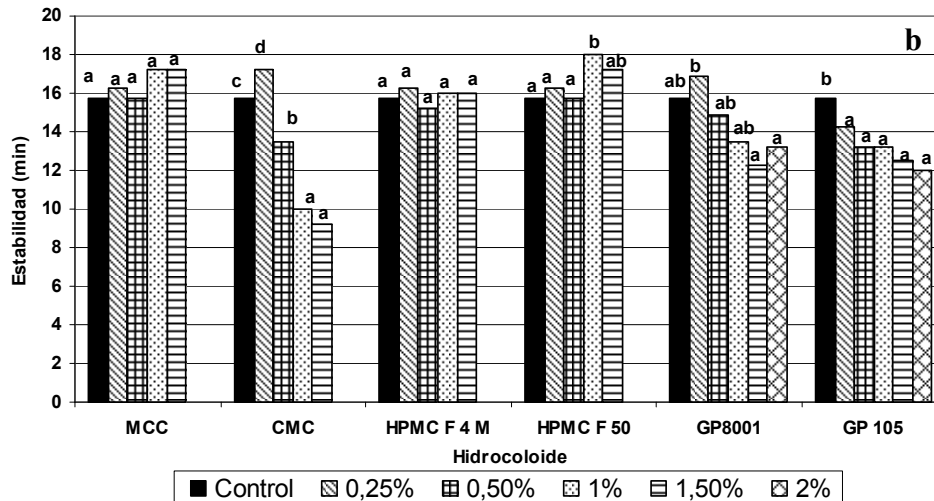


Figura 2. Estabilidad farinográfica de las mezclas harina – hidrocoloide. a) con sal 2% b) sin agregado de sal.

En el ensayo de perfil de textura se observó que el agregado de los hidrocoloides a la masa ocasionó un ablandamiento de la misma (Figura 3a, b y c). Este efecto fue menos marcado al utilizar MCC. En las masas sin sal la disminución porcentual de la dureza respecto al control es menor que en las masas con sal. En todos los casos estudiados, las masas sin agregado de sal son más blandas que las masas con sal.

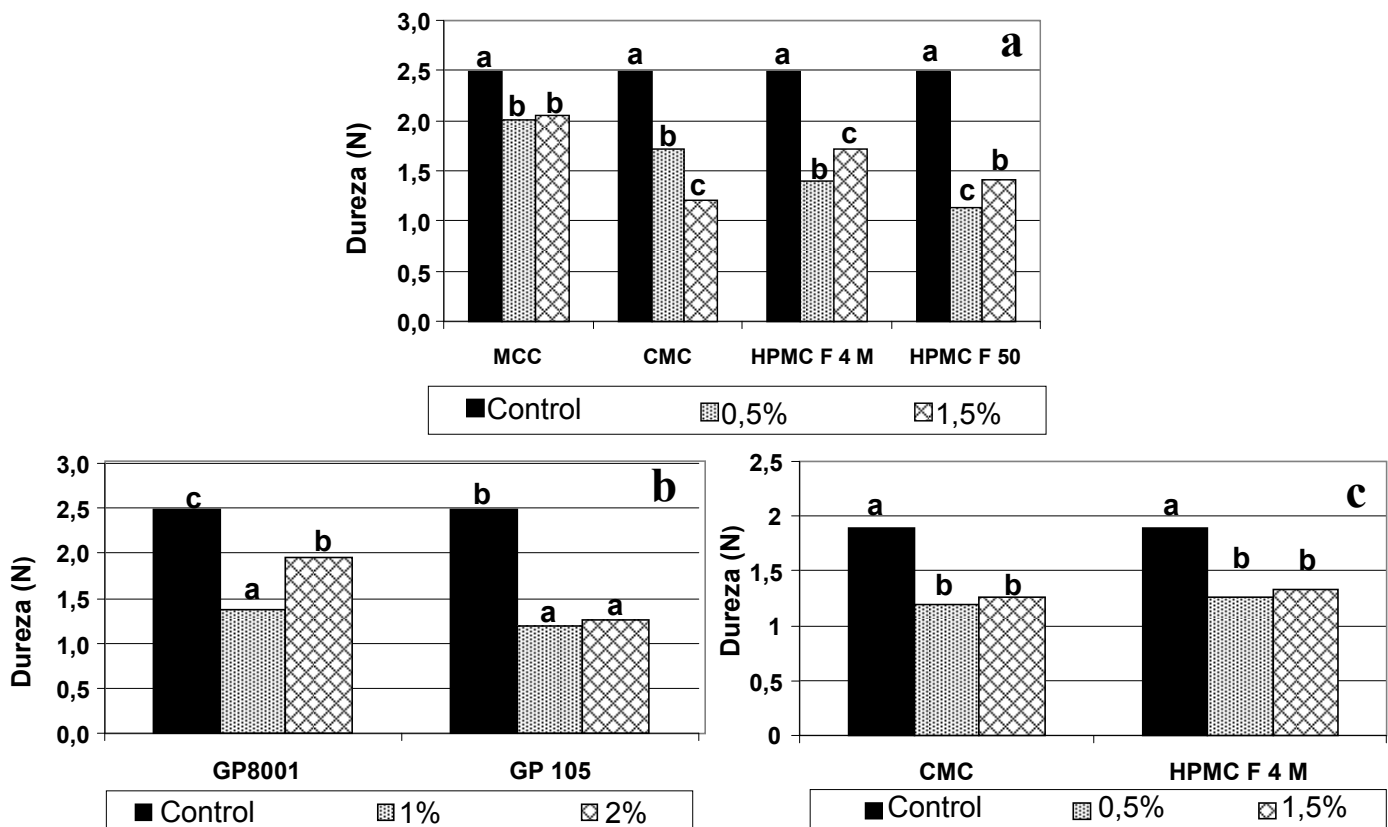


Figura 3. Se muestra la dureza obtenida en el TPA. a) masas con sal aditivadas con celulosas modificadas b) masas con sal aditivadas con pectinas c) masas sin sal aditivadas con CMC y HPMC.

La consistencia de las masas con agregado de hidrocoloide fue menor que para las masas control aunque no se observó efecto del nivel de hidrocoloide empleado (Figura 4a, b y c). MCC es la que produce menor caída de la consistencia. En ausencia de sal también se observa una disminución de la

consistencia pero ésta tiende a aumentar con el nivel de hidrocoloide empleado. En las masas con sal se observa un aumento de la cohesividad de la masa con el agregado de hidrocoloide (**Figura 5a y b**). En el nivel más alto se observan diferencias significativas respecto al control en todos los casos excepto con HPMC F 50. En las masas sin sal, HPMC F 4 M al 1,5% provocó un aumento de la cohesividad mientras que CMC al 1.5% provoca una disminución da la misma (**Figura 5c**). La cohesividad se relaciona con el trabajo necesario para vencer las uniones del material (Pilosoof 2000). Una masa de mayor cohesividad estaría indicando que estamos ante una matriz en la cual sus componentes se encuentran interactuando más fuertemente. Estos resultados están en concordancia con los encontrados en la estabilidad farinográfica. En los ensayos realizados en el reómetro oscilatorio se observó una disminución de G' al agregar CMC, GP 105 y las HPMC a las masas con sal (**Tabla 1**), lo cual estaría indicando un comportamiento menos elástico de estas masas con respecto al control. En las masas sin sal, CMC al 1,5% no modificó significativamente G' mientras que HPMC F 4 M provocó su caída en los dos niveles empleados. El módulo viscoso disminuyó con la utilización de las HPMC y la pectina de alto metoxilo mientras que MCC, CMC y la pectina de bajo metoxilo no lo modificaron. En ausencia de sal CMC y HPMC F 4M tampoco modificaron significativamente G'' (**Tabla 2**). La $tg(\delta)$ tiende a aumentar tanto en las masas con sal como en las sin sal con todos los hidrocoloides empleados.

G^* en las masas con sal no se modifica con el agregado de MCC y GP 8001, con el resto de los hidrocoloides disminuye. En ausencia de sal con HPMC F 4 M cae. En ninguno de los parámetros determinados, se observa una tendencia clara en relación al nivel de hidrocoloide empleado.

En general las masas sin sal tienen valores de G' y G^* menores a los de las masas con sal.

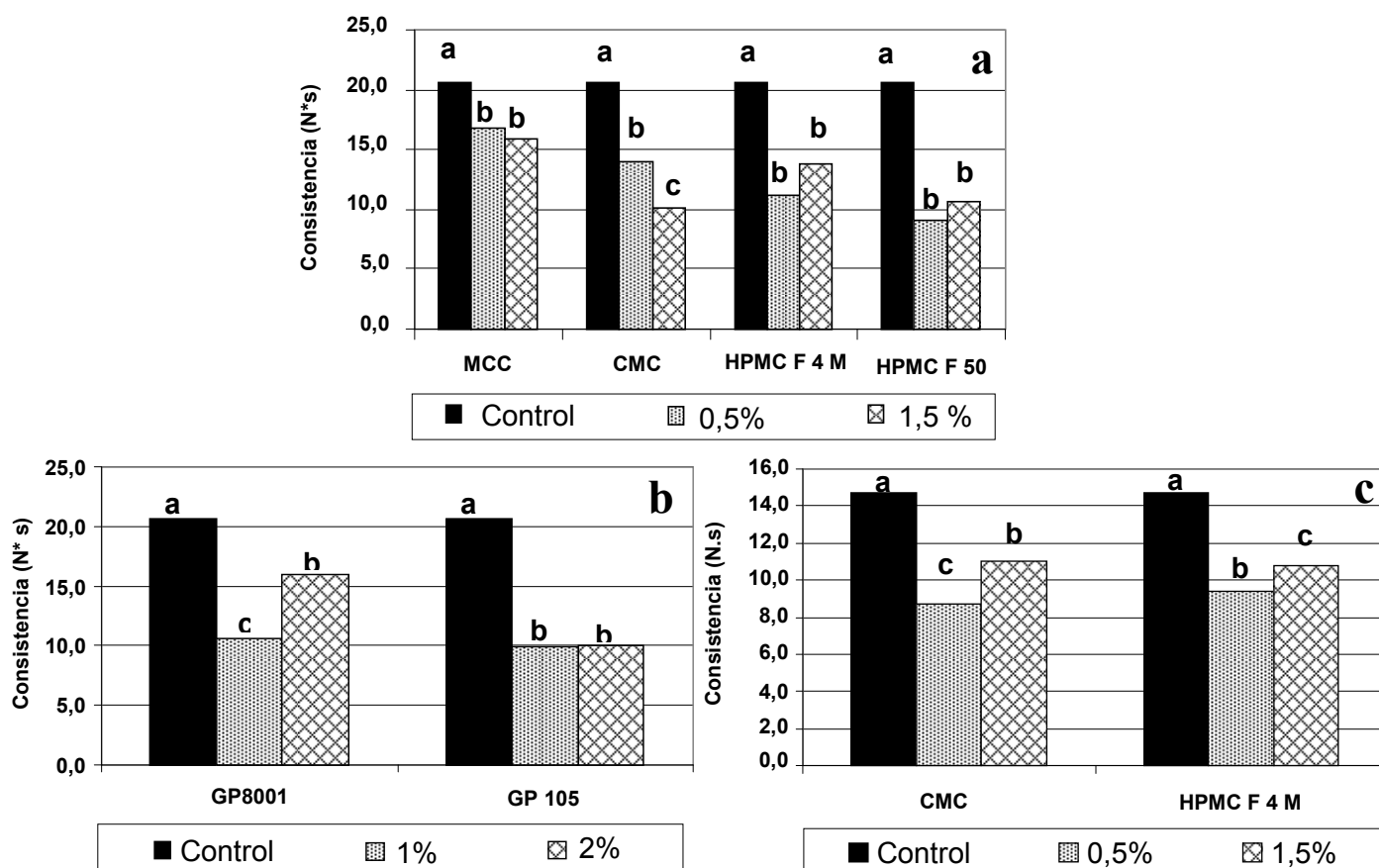


Figura 4. Consistencia obtenida en el TPA. a) masas con sal aditivadas con celulosas modificadas b) masas con sal aditivadas con pectinas c) masas sin sal aditivadas con CMC y HPMC.

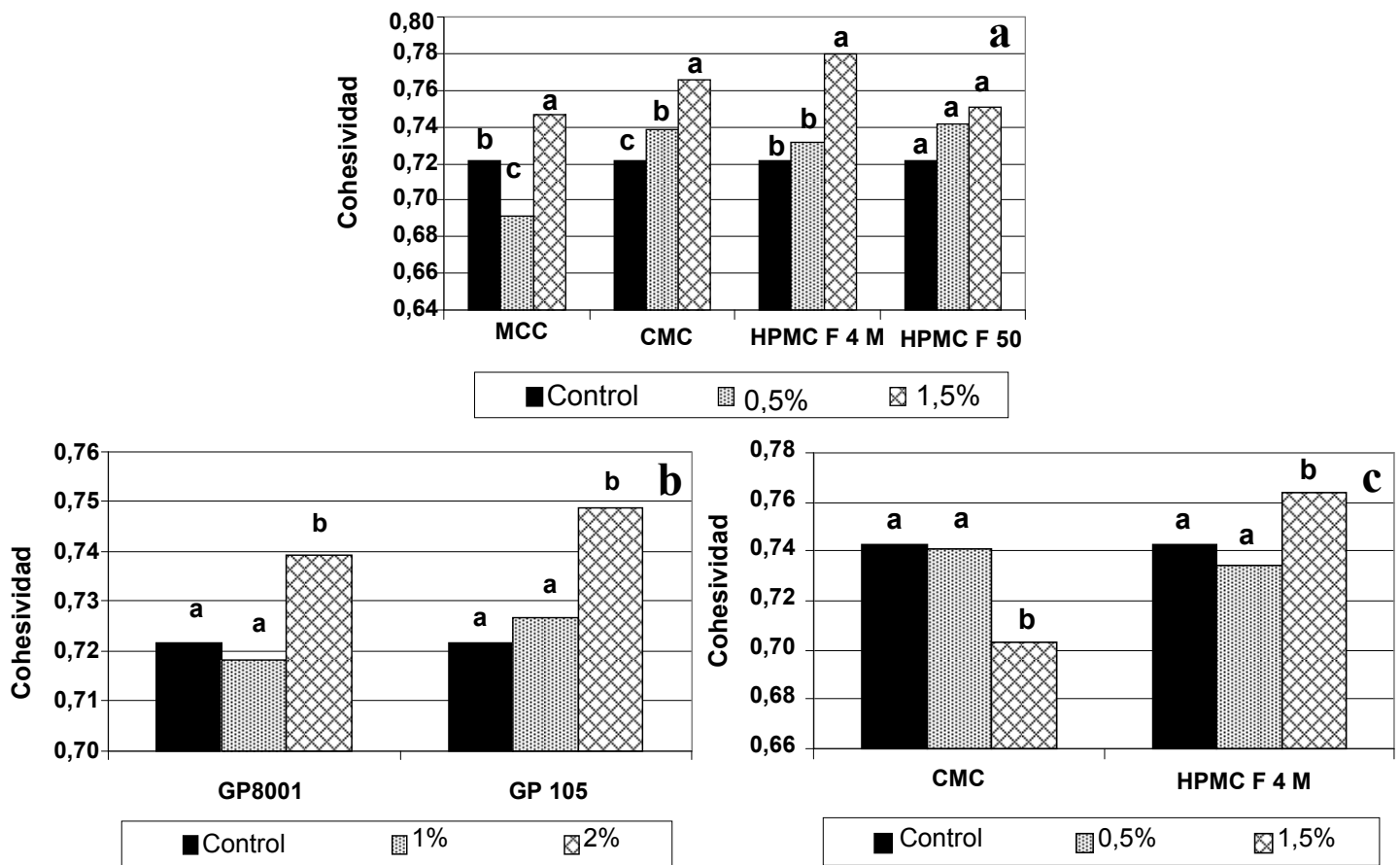


Figura 5. Se muestra la cohesividad obtenida en el TPA. a) masas con sal aditivadas con celulosas modificadas b) masas con sal aditivadas con pectinas c) masas sin sal aditivadas con CMC y HPMC.

Tabla 1. Parámetros reológicos dinámicos determinados en las masas con sal.

Masas con sal	G*	G' [Pa]	G'' [Pa]	tan (δ)
Control	19104	18165	5850	0,326
MCC 0,5%	19360	18282	6355	0,348
MCC 1,5%	17358	16455	5516	0,336
CMC 0,5 %	14050	13022	5271	0,404
CMC 1,5 %	14834	13660	5774	0,426
HPMC F 4M 0,5 %	11304	10541	4072	0,385
HPMC F 4M 1,5 %	12372	11505	4540	0,394
HPMC F 50 0,5 %	11990	11178	4334	0,387
HPMC F 50 1,5 %	12437	11710	4176	0,356
GP 8001 1%	15778	14810	5431	0,366
GP 8001 2%	18625	17680	5850	0,331
GP 105 1%	12137	11336	4330	0,383
GP 105 2%	11774	10983	4236	0,386

Tabla 2. Parámetros reológicos dinámicos determinados en las masas sin sal.

Masas sin sal	G *	G' [Pa]	G'' [Pa]	tan (δ)
Control	13969	13129	4773	0,363
CMC 0,5 %	9708	9022	3584	0,397
CMC 1,5 %	13454	12540	4867	0,389
HPMC F 4 M 0,5 %	11924	10945	4732	0,431
HPMC F 4 M 1,5 %	10724	9846	4212	0,428

CONCLUSIONES

El efecto provocado por los hidrocoloides en el comportamiento reológico de la masa depende tanto de la estructura química del hidrocoloide como de la presencia de otros componentes, debido a que esto determina el tipo de interacciones que pueden establecerse en la masa. En este caso la presencia de NaCl provocó un comportamiento diferencial de la estabilidad de la masa ante el agregado de CMC y HPMC debido a que su presencia modifica las interacciones que se establecen entre estos hidrocoloides y las proteínas del gluten.

El agregado de hidrocoloides, en particular de pectina de alto metoxilo y CMC, provocó un ablandamiento de la masa, lo cual se vio reflejado en los valores de dureza (TPA) y en la disminución de los módulos elástico (G') y complejo (G^*) (ensayos dinámicos). La consistencia de la masa disminuyó mientras que la cohesividad se vio incrementada por los hidrocoloides en las masas con sal mientras que en las masas sin sal CMC la disminuyó mientras que HPMC F 4 M la incrementó.

Ante la ausencia de sal, las cargas de CMC no se verían apantalladas por la que interactuarían con la red de gluten dando lugar a una red más débil, menos estable y por lo tanto a una masa menos cohesiva. A su vez, al no encontrarse sal en la masa no se favorecería el establecimiento de interacciones hidrofóbicas entre las HPMC y las proteínas del gluten, por lo que se obtiene una masa más fuerte, más estable y más cohesiva.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias al financiamiento de ANPCyT a través del subsidio PICTR2003 N 286 y del CONICET, a través del PIP 6353.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Glicksman M. 1982. Food Hydrocolloids Vol III. New York. CRC Press, Inc. pag 246.

Kinsella JE, Hale ML. 1984. Hydrophobic Associations and Gluten Consistency: Effects of Specific Anions. J. Agric. Food Chem. 32: 1054-1056.

Pilosoff AMR. 2000. Caracterización funcional y estructural de proteínas. Buenos Aires. Editorial Universitaria de Bs. As.pag.181.

Ribotta PD, Ausar SF, Beltramo DM, León A.E. 2005. Interactions of hydrocolloids and sonicated – gluten proteins. Food Hydrocolloids 19: 93-99.

Rosell MC, Foegeding A. 2007. Interactions of hydroxypropylmethylcellulose with gluten proteins: Small deformation properties during thermal treatment. Food Hydrocolloids 21: 1092-1100.

Steffe JF. 1992. Rheological methods in food process engineering. 2º edición. East Lansing, Michigan: Freeman Press.pag.418.